第1章

ビデオディスクの歴史

1. ビデオディスクの誕生

オーディオ・レコードのような円盤に，音だけではなく，映像を記録することができたらというのは技術者にとって長い間の夢でした．しかし，1971年末，メカニカル（機械）記録-メカニカル再生のTED方式（西ドイツのTelefunken, Decca, Teldec 3社の開発によるもの）が日本国内で初めて公開されたあとは急速な発展を遂げました．TED方式は，直径21cmのやわらかい盤で，片面だけにわずか10分間しか記録できないものでしたが，関係業界には強いインパクトを与えたものでした．その後，世界の各社から相次いで種々の方式が発表されましたが，民生用として実際に商品化された方式は，オランダのフィリップスとアメリカのMCAが共同開発した光記録-光再生の光学式（レーザーディスク）とアメリカのRCAが開発したメカニカル記録-静電容量再生のCED（Capacitance Electronic Disc）方式，それに，1978年，日本ビクターが発表し提案した光記録-静電容量再生のVHD（Video High Density Disc System）方式です．それぞれの方式を，記録と再生方法から分類すると，**表1-1**のようになります．光学式（フィリップス/MCA方式）とCED方式はいずれも発表された当時は最大記録時間が片面30分でしたが，CED方式は改良によって1時間に，またフィリップス/MCA方式は，CLV（Constant Linear Velocity）にすることによって1時間の記録ができるようになりました．しかし，いずれも高速なランダム・アクセスができず，また，スチル，スローモーション，クイックモーションなどの特殊再生も困難です．一方VHD方式は，発表されたときから片面に最大1時間記録することができ，また高速なランダム・アクセスや特殊再生ができる唯一の方式です．

表1-1　記録/再生方式による分類

再生 ＼ 記録		記録（カッティング）方式による分類		
		レーザー	メカニカル	電子ビーム
再生方式による分類	レーザー	光方式	――	――
	メカニカル	――	TED方式	――
	静電容量	VHD方式	CED方式 ←	開発初期のCED方式

2. VHD方式開発の経緯

TED方式などが発表されたころ，日本ビクターにおいても，社内の各研究所で，それぞれ独自に各種のビデオディスク・システムについて研究開発が進められていました．特にビデオディスク・システムはハード（再生のためのプレイヤー）とソフト（ディスクとディスクに記録するプログラム）が1組になって初めてシステムとして完成し，商品となるものです．したがって，すでにオーディオ・レコードやステレオ再生装置など両方の技術蓄積を持ち，またテレビやVTRなどの映像技術を持つ日本ビクターにとって，ビデオディスク・システムの研究開発は最も得意なことの1つであり，また使命であるとも考え，全社内で個々に研究開発してきた力を結集し，1つのプロジェクト・チームが誕生しました．

ビデオディスク・システムの研究開発にあたって，システムが持たなくてはならない基本ポリシーを立てました．それは次に記す5つの項目です．

❶信頼性，性能がよく，しかもプレイヤー，ディスクの価格が安いこと．

❷民生用，業務用のいずれにも使えること．

❸ディスクの生産にあたっては，従来のレコードの設備やノウハウが生かせること．

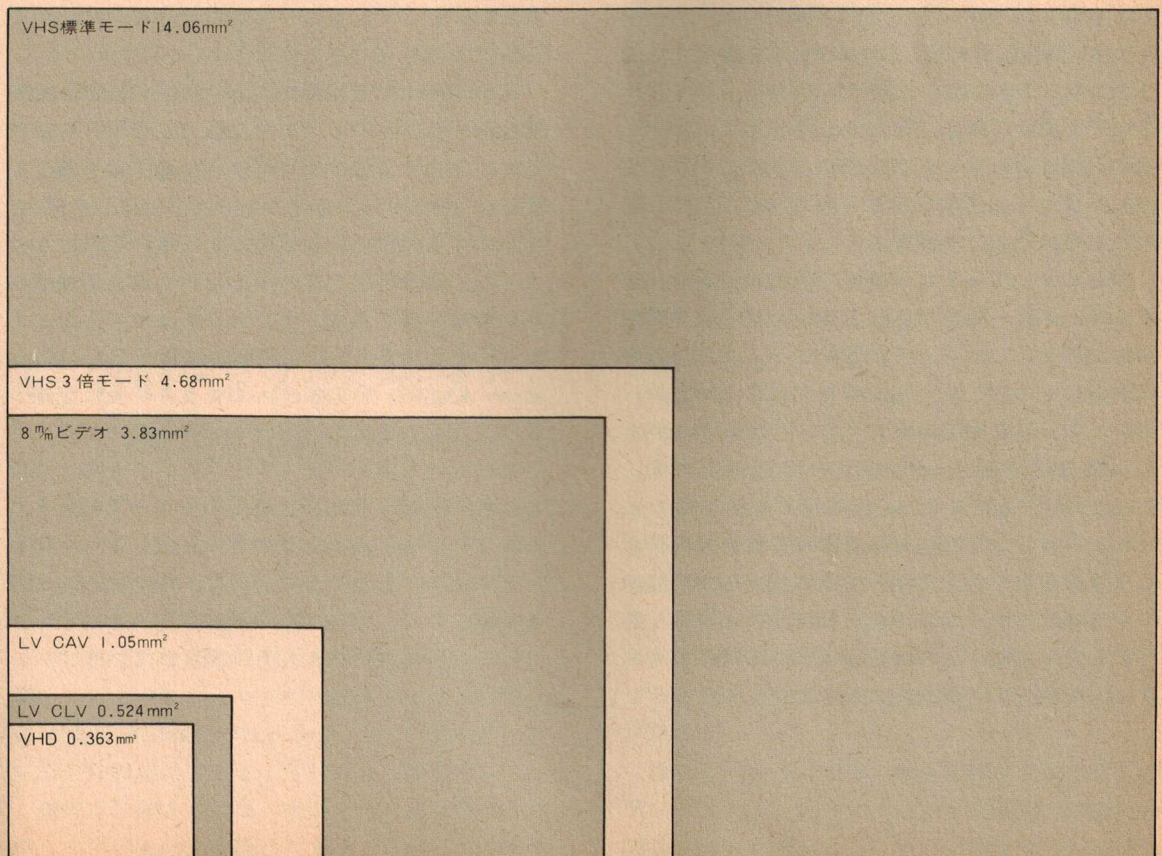
❹全世界の標準の方式になり得ること．

❺プレイヤーはDAD（PCMオーディオ）の再生にも使えること．

以上のような基本ポリシーのもと，まず初めにすでに情報として入手している各種方式についての評価を行ないました．この過程でそれぞれの欠点や問題点，また長所などがわかりました．そのおもなものは次のようになります．

メカニカル・カッティングはダイヤモンド・カッター針でラッカー盤（平らなアルミ盤の上に平らにラッカーを塗ったもの）あるいは金属原盤に，オーディオ・レコードの記録と同様，直接溝と信

図1-1　1TVフレームを記録するために必要な面積

VHS標準モード14.06mm²
VHS 3倍モード 4.68mm²
8㎜ビデオ 3.83mm²
LV CAV 1.05mm²
LV CLV 0.524mm²
VHD 0.363mm²

号を同時にカッティングするものですが，周波数特性が悪く，実時間（リアルタイム）ではカッティングできず，かなりスローダウンしなければならない，またカッティング針の先の精度をたいへん厳しく管理しなければならないなど，多くの問題点がありました．またオーディオのレコードのようなメカニカル再生は周波数特性が悪く，また針先の寿命も短いものでした．映像信号をリアルタイム・カッティングできないということは，ビデオ・ソースをフィルムに頼るか，VTR に特殊なプロセッサを必要とすることになり，また単にカッティングに要する時間が長くなるだけでなく，プログラム・ソフトの自由度が制限されたり，画質が劣化するなどの欠点もありました．

ここで次に考え出されたのが，レーザー光で溝と信号が同時にカッティングできないだろうかということでした．感剤を塗布したガラス円盤を回転させ，その表面に照射するレーザー光の強さをある一定レベル以上にしておき，信号の強弱に応じてビームのレベルを変化させると，一応の成果を得ることができました．カッティングにレーザー光を用いることによってリアルタイム・カッティングが可能になり，また900rpm で再生することによってアルゴン・レーザーを使ったカッティングで記録ができることもわかりました．しかし，溝の形状がカッティングのたびごとに変わり，また，トラッキングの安定性も悪く，どうしても針とびを避けることが困難でした．

再生についてもそれぞれの方式で特徴があります．メカニカル再生は前にも書いたように周波数特性が悪く，したがって画質が劣り，また針の寿命も短いものでした．レーザー光による再生は，プレイヤーに使用できるレーザーの波長が長いために解像度が悪く，900rpm では使用できず，1,800rpm が必要になり，記録時間が半分になってしまいます．これに対して静電容量方式の再生は解像度が高く，したがって高密度記録が可能ですが，溝式ではやはり寿命を延ばすのに限度がありました．また，当時静電容量再生方式のディスクは，一度 PVC（塩化ビニル）でプレスしたディスクの表面に金属膜をかけ，さらに誘電体層とオイルの層をその上に薄くかけていました．したがって，レーザー再生方式のディスクと同様，当時の静電容量再生方式のディスクは金属膜を真空槽内でディスク上に付けていたわけですが，この金属膜が空気中やディスク材料中の水分によって錆びてしまい，再生画面上に無数の白い点，黒い点となるドロップ・アウトの原因となり，長期間保存に耐えないなどの問題が発生することもわかりました．

以上に述べてきたような種々の欠点を改善する努力の結果生まれてきたのが，VHD 方式です．

針式の寿命が短い欠点を改善するため，ディスク表面を平らにし溝をなくし，そのかわりに，静電容量再生のための電極を持ったセンサの底面を大きくし，電気的にトラッキングするための信号を溝のかわりにディスク上に情報信号とともに記録しました．このことによって，センサの寿命が飛躍的に延び，また盤と平面で接触していますので，盤面上を自由にトラックを横切って動けるようにもなりました．このことは溝式では難しい高度ランダム・アクセスや特殊再生を簡単に実現できることにもなりました．

また錆やすい金属膜のかわりに永年に渡って安定なカーボンをディスク中に混ぜて導電性を持たせたことによって，ディスクの生産工程も著しく簡単になり，オーディオのレコードと同じように，プレスするだけで，後処理はいっさい不要になりました．信号再生方式の中ではいちばん解像度が高い静電容量方式は，ディスクのサイズもひとまわり小さくでき，また1時間の情報を CAV（Constant Angular Velocity）のままで片面に記録することができます．またディスク・サイズが小さいということはオート・ローディングを考えた場合にも有利で，ディスクを納めるケースの大きさも小さくおさえることができました．オート・ローディングにしたことによって，取り扱いが一段と簡単になり，だれでも手軽に扱え，またディスクはひどい汚れや傷からも保護されています．

第2章

VHDビデオディスク・システムの原理

VHD ビデオディスクは映像と音声2チャネルを両面で最大2時間（片面1時間）記録できます．このような長時間ディスクでもクイックランダム・アクセスやトリック・プレイなどの多機能再生能力を持っている世界で唯一の民生用，業務用の両分野で活用できるシステムです．しかも，ディスクの直径は26cm と小さく，これまた世界で最も高密度に記録されています．またインタラクティブ（対話型）対応やデジタル信号で記録するAHD システムへの展開など将来を見とおしたシステマティックな開発がされております．本章では，このVHD ビデオディスクの原理について述べることにします．

1. VHDディスクの形状と再生の原理

VHD ディスクは直径が26cm，厚さは信号が記録されている部分で1.2～1.3mm あります．最も厚い部分は外周と信号が終わったあとの内周にあって，いずれも3.0mm あります．この2つのリングではさまれた部分に信号が記録されています．**図2-1** にVHD ディスクの形状を示します．中央には直径38.2mm の孔があいていて自動ローディングが簡単にできるようになっています．

信号は外周から内周へ向かって片面で最大1時間，うず巻き状に記録されます．スタートの位置は直径244mm の位置からで，その外側3 mm，直径にして250mm の位置までは，リード・イン区間と呼んでいる最初にセンサが降りる部分になっています．リード・イン区間は再生時間にして2分30秒分あります．したがって，この部分にプレイヤーの機械的な精度でセンサが降りたあと，プログラムの先頭，0ページ（0トラック目）をサーチ（検索）して再生が開始されます．このため，再生のスタートはいつも同じ位置，すなわちプログラムの最初から始まります．信号が記録されているトラックのピッチは1.35μm と非常に細かく，1時間のプログラムで最大54,000本並んでいることになります．回転数は1分間に900回転，1秒間に15回転です．したがって，1回転分にテレビ画像2フレーム分，4フィールドが記録されます(**図2-2**)．ちょうど90度分に1フィールド記録されます．プログラムが1時間フルに入っているディスクでは，その終了部分は直径98.2mm になります．直径244mm から始まって直径98.2mm で終わりますので，73mm の幅の中に1時間分の映像と音声2チャネルが記録されることになります．プログラムが終了したあとの部分はプログラム終了信号区間と呼んでいる，文字どおりプログラムが終わったことを示す信号が記録されている区間です．

なぜこのように世界で最も高密度で記録されたディスクから，安定に，しかも高画質，高音質が再生できるかというと，それはセンサで電気的に

図2-1　VHD/AHDディスクの形状

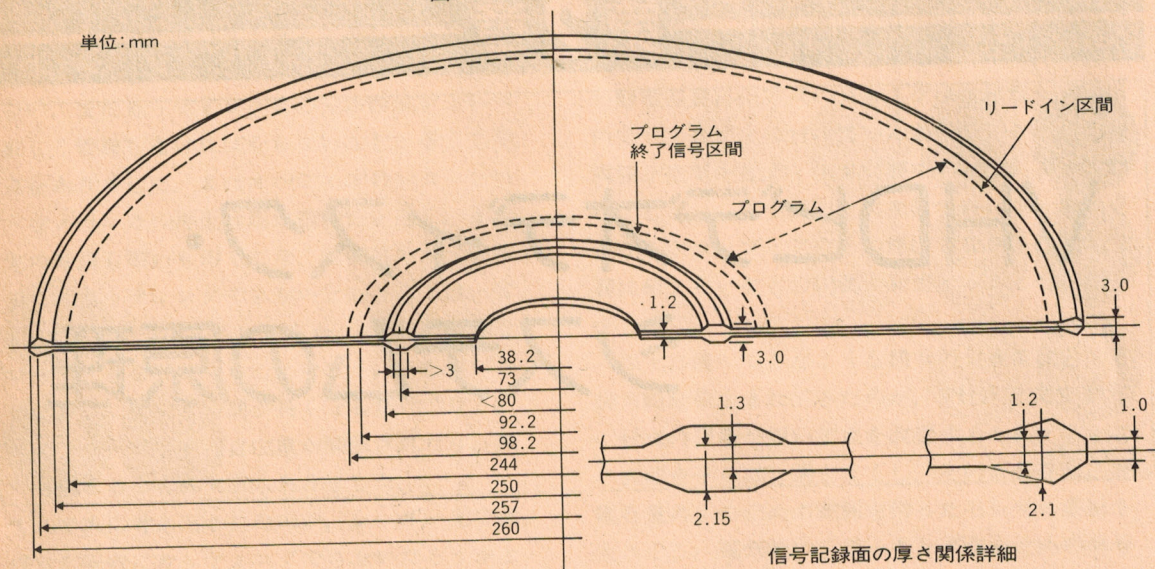



図2-2　ディスクとTVフレームの関係

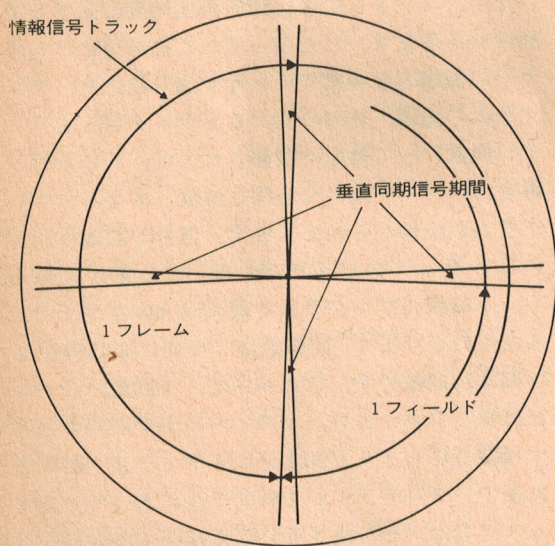
図2-3　VHD/AHDディスク表面の拡大図

信号をピック・アップしているからなのです．ダイヤモンドで支えられた，厚さ2,000Å（光の波長の1/4～1/2）の電極は，ディスク面上にあけられた信号の孔（最も小さいもので0.29μm＝2,900Å）を正確に検出する能力を持っています．

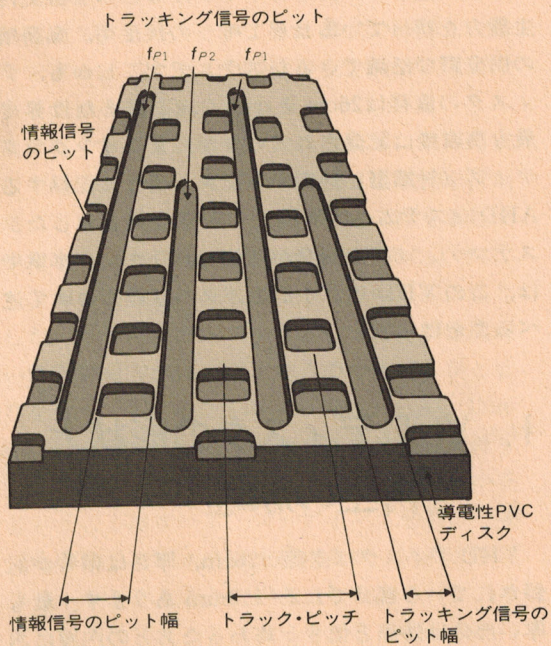
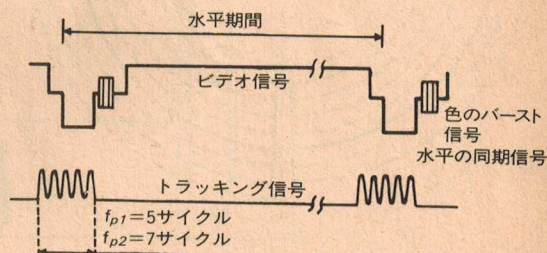
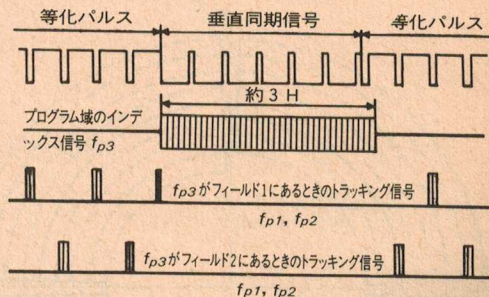
図2-3はディスク表面の模型図で，信号が記録されているようすを示しています．信号は平坦なディスクの表面にあけられた孔の大きさや孔の有無，孔のない部分との割合で表わされています．

比較的小さい孔が並んでいる部分は画面の明るい部分，大きく間隔をとって並んでいる部分は画面の暗い部分というようにです．映像の水平同期信号を記録している部分にはセンサが正しく1つのトラックをトレース（追従）できるようにするためのトラッキング信号が記録されています．トラ

図2-4　ディスク表面上のセンサ

図2-5

(a) トラッキング信号と情報信号

(b)　情報信号と f_{p1}, f_{p2}の関係

(c)　垂直帰線消去期間のビデオ信号

注：インデックス信号 f_{p3}は，ビデオの垂直帰線消去期間における f_{p1}, f_{p2}の切り換えのための正弦波信号である．

ッキング信号は映像や音声が記録されている情報トラックと隣りの情報トラックとの間に記録されています．センサの電極は情報トラックの上を正確にトレースしながら，両脇に記録されているトラッキング信号も同時に読み取ります．**図2-4**にこのようすを示します．ディスクの表面が平坦で溝がなくても，このトラッキング信号によって電気的にトラッキングができるのです．ここでもしセンサが右にずれることによって電極の中央が情報信号の中央からずれて右に動いたとしますと，右側のトラッキング信号のほうが，左側のトラッキング信号に比べて，多く読み取れます．したがって，常に左右のトラッキング信号が等しく読み取れるようにセンサの位置を制御してやればよいわけです．トラッキング信号は２種類あって，f_{p1} (511kHz) と f_{p2} (716kHz) です．この２つの信号が情報信号の間に交互に記録されています．すなわち，ある１回転ではセンサの右側に f_{p1}，左側に f_{p2}，次の１回転ではその逆で右側に f_{p2}，左側に f_{p1} という具合です．したがって，左右のトラッキング信号が入れ替わる位置，１回転に１回入れ替わることを示すインデックス信号 f_{p3} (275kHz) が情報信号に重畳して記録されています．このようすを**図2-5**に示します．

情報信号の孔の幅は0.68～0.95μm，深さは0.22～0.38μm，また，トラッキング信号の孔の幅は0.46～0.54μm，深さは0.085～0.155μmになっています．トラッキング信号は情報信号に比較して幅も深さも約半分になっています．このように，ディスク面上，情報信号とトラッキング信号は，ほとんどすき間なく並んでいることになります．

通常の再生では，センサで情報信号と同時にトラッキング信号 f_{p1}, f_{p2} を読み取りながらうず巻き状

のトラックに従ってトレースします．このとき，1回転に1回f_{p3}を得るごとにf_{p1}，f_{p2}に対するサーボの極性を変えることになります．

スチル再生は，センサを1回転に1回1トラック戻すことによって可能になります．戻す位置はf_{p3}の位置で行なうことにします（**図2-6**）．スローモーション再生はスチル再生とノーマル再生を交互に繰り返せばよいわけで，スチル再生とノーマル再生の割合によってスピードが決まります．クイック・モーション再生は先のトラックへセンサを強制的に送ることによって可能になります（**図2-7**）．

図2-6　スチル再生時のトレース・パターン

VHDディスクは，その取り扱いを簡単にし，傷から保護するためにディスク・ケースに入っています．VHDディスクを再生するときは，ディスク・ケースごとVHDプレイヤーのディスク挿入口から入れ，止まるまで入れてから引き抜くと，ディスクとディスク・ケースのふたがプレイヤーの中に残り，空のケースだけが手もとに戻ります．ディスク・ケースの形状を**図2-8**に，ディスク・ケースのふたの形状を**図2-9**に示します．ふたには図にあるような切り欠きがあって，この切り欠きによってディスクの区別がつくようになっています．VHDかAHDか，NTSCかPALか，サイド1か2か，あるいはまた信号が記録してない面などもわかるようになっていますので，プレイヤーは自動的に再生モードを切り換えることができます．

信号の読み取りは，プラスチックの中にカーボンの微粒子を混合して導電性を持たせたディスクと，センサの電極間の静電容量変化を電気的にピックアップします．孔がある部分では静電容量が

図2-7　クイック・モーション時のトレース・パターン

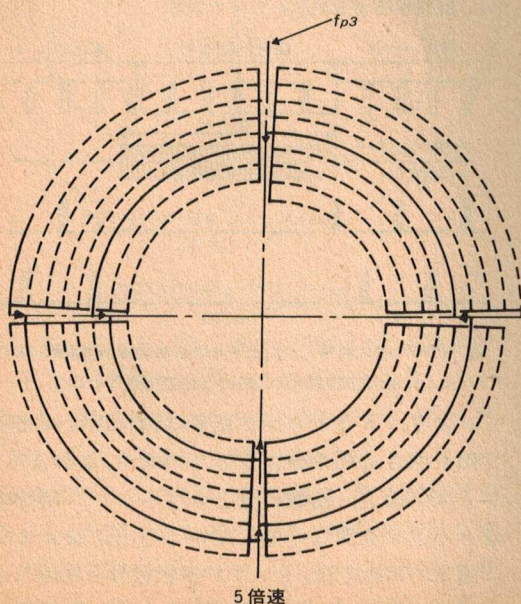
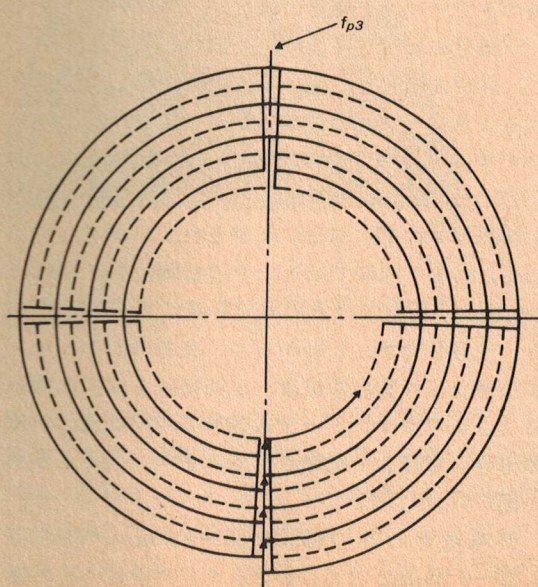



図2-8　ディスク・ケースの形状

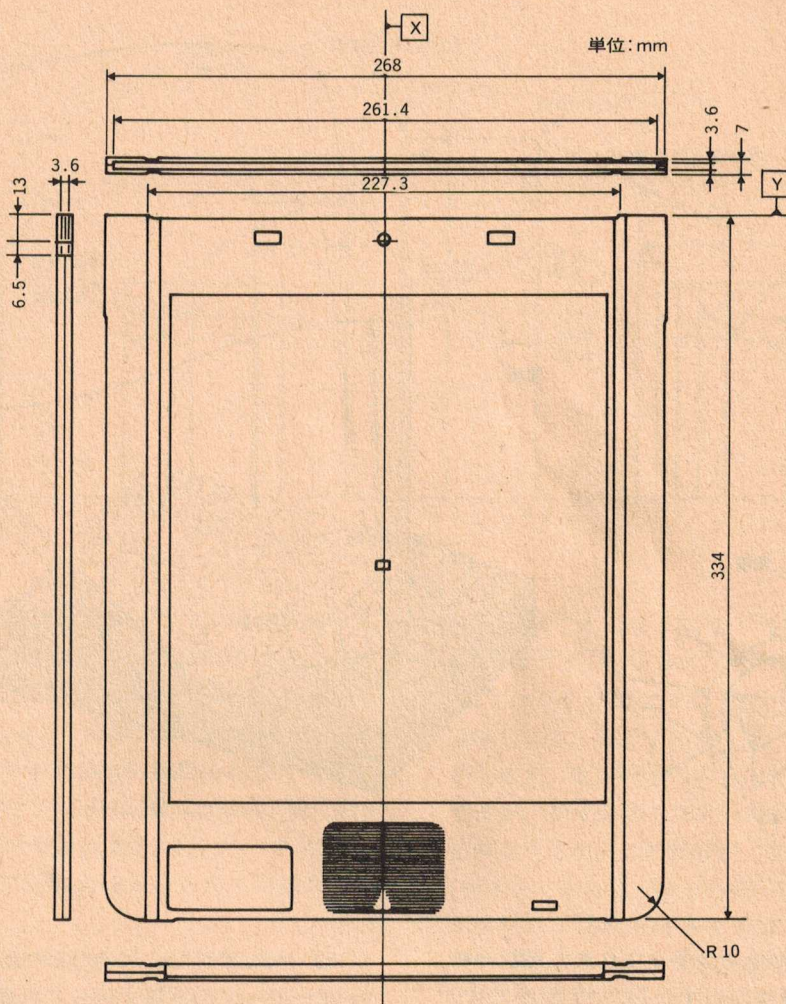



図2-9　ディスク・ケースのふたの形状

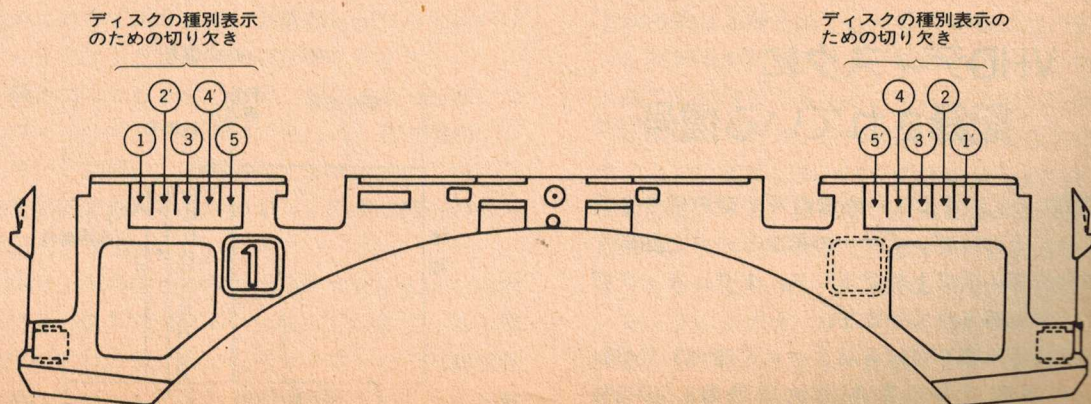
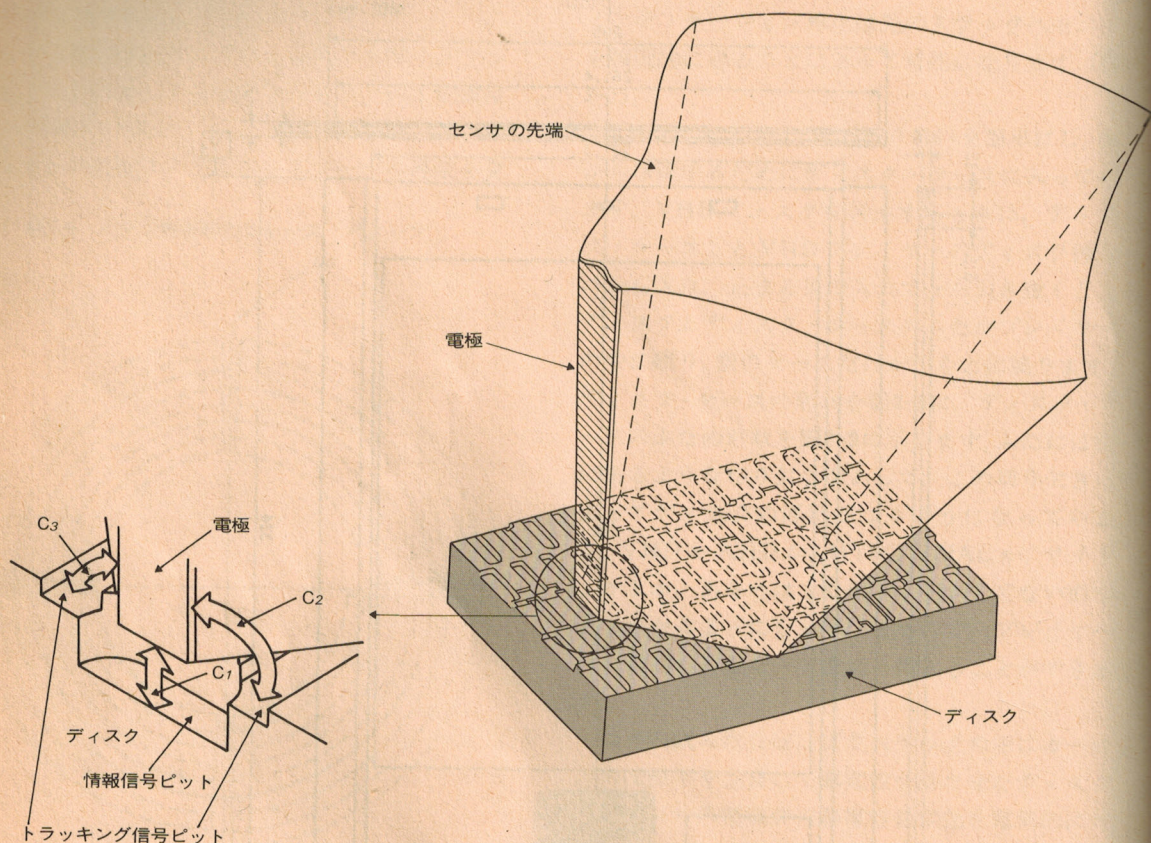



図2-10 静電容量の変化を読み取り信号をピックアップするVHDセンサ

少なくなり，ない部分では多くなります(**図2-10**)．このときの変化量は，わずか10^{-4} pF程度ですが約1 GHz (1,000MHz) で共振している回路につなぐことによって，その共振周波数は150kHzくらい (1/10,000) 変化します．この変化を電子回路で検波して，増幅，映像と音声を得ます．また，トラッキング信号も同時に得られます．

2. VHDディスクに記録されている信号

VHDディスクには，映像信号と音声信号2チャネル，それにプレイヤーの再生モードを制御する信号やディスク上のアドレス，トラッキング信号などが記録されています．

映像信号は**図2-11**にあるように，帯域3.1MHz以上の輝度信号に副搬送波周波数2.56MHz (162.5f_H)，帯域幅±500kHzの色信号が周波数インターリーブの関係を保って重畳されています．

2チャネルの音声信号は，それぞれ2本の搬送波，3.43MHz (217.75f_H) と3.73MHz (237.25f_H) とを周波数変調（最大偏移±75kHz）して映像信号に重畳されています．この複合信号を1つの搬送波で周波数変調してディスクに記録します．この

図2-11 VHD信号

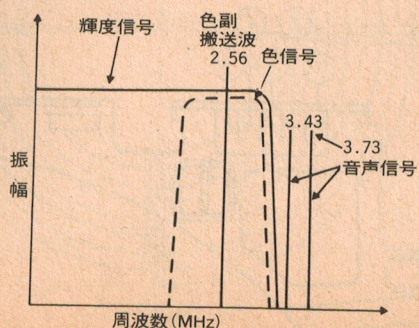
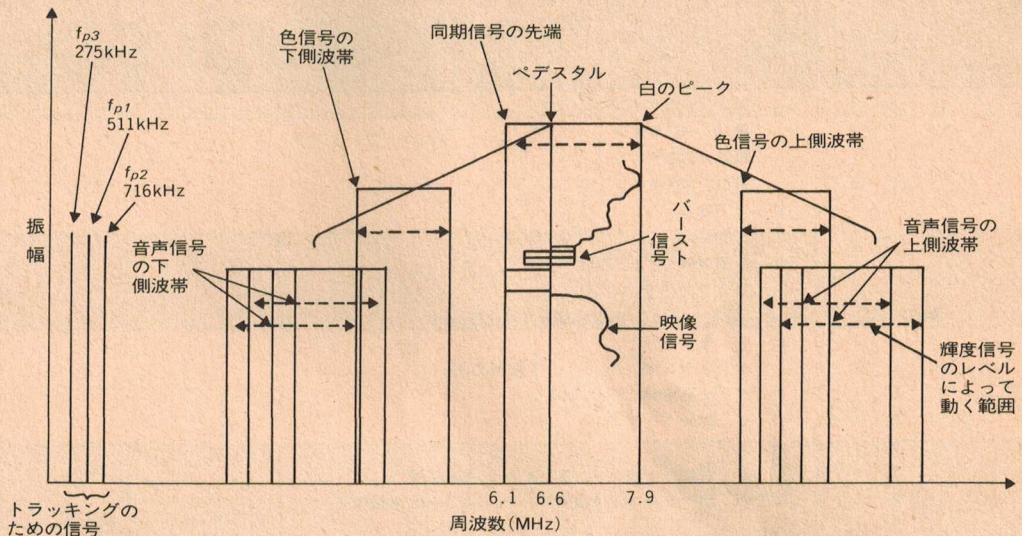



図2-12　周波数変調されたVHD信号の周波数スペクトラム

スペクトラムを**図2-12**に示します．周波数偏移量は，映像信号のペデスタル6.6MHzを基準にして同期信号（−40IRE）から白のピーク（＋100IRE）まで1.8MHzあって，白側が高い周波数になっています．同期信号の先端は6.1MHzになります．トラッキング信号f_{p1}：511kHz(32.5f_H)，f_{p2}：716kHz（45.5f_H）が両脇にまたインデックス信号f_{p3}：275kHz（17.5f_H）が重ね合わせて記録されています．

映像信号の垂直同期ブランキング期間の中には各種の制御信号やディスク・アドレス，また音声の種類などを示す情報が記録されています．情報はライン17,280にチャプタ・アドレスを主体とする情報，ライン18,281にはタイム・アドレスを主体とする情報，ライン20,283にはページ・アドレスを主体とする情報，またライン21,284は将来のためにあけてあります．各情報は28ビットにパリティ1ビットを加えて29ビットあります．

図2-13にこれを示します．ディスク1回転には4フィールドありますが，それぞれ垂直同期ブランキング期間に，1回転内では原則として同じ信号が記録されていますので，4回ずつ同一の信号が得られます．

29ビットの信号のうち先頭の4ビットは，同期のための信号で“1100”になっています．この部分はいずれのラインでも同一です．この同期信号に続く2ビットで信号が記録されているライン番号が識別できるようになっています．すなわち“11”はライン17と280，“10”はライン18と281，“01”はライン20と283，“00”はライン21と284を意味します．続く2ビットは，音声信号の内容を示します．音声信号の内容はどのラインでも共通ですが，ライン20と283では別の意味を表わすことがあります．この部分が“00”のときモノラル(音声チャネルA，Bとも同一の音)，“01”のときステレオ，“10”のとき2重音声（デュアル）（音声チャネルAとBは異なる内容で，たとえばバイリンガルとかチャネルAはセリフ，チャネルBは解説など）を表わします．また“11”のときは，音声の内容ではなくオート・スチル信号になります．オート・スチルとは，この信号をプレイヤーが検出したとき，自動的にスチル・モードで再生することをいいます．たとえばプログラムの途中で材料表など静止画でよいものを出したい場合には，材料表が記録されている部分にオート・スチル信号を記録しておくと，プレイヤーはこの部分で自動的にスチル･モードになります．このため，ディスクに記録したいプログラムの大きさが1時間以上あっても，静止画でよい部分が多い場合には大幅に省スペースができますので，片面に入るようになります．オート･スチル信号が記録されているトラックでは，プレイヤーは約20秒間スチル再生をして次のトラックに移ります．次のトラックにもオート・スチル信号が記録されている場合

図2-13　アドレス信号，制御信号，音声情報コード仕様

同期信号 1 1 0 0	ライン表示	音声など		パリティ

ライン表示	音声など		内容	
1 1			第17，280ライン	ライン表示
1 0			第18，281ライン	ライン表示
0 1			第20，283ライン	ライン表示
0 0			第21，284ライン	ライン表示
	0 0		モノラル	音声のモード
	0 1		ステレオ	音声のモード
	1 0		2重音声（デュアル）	音声のモード
	1 1		オート・スチル	

第20，283ラインのみ，以下のようにさらに細かく分かれます

ライン表示	音声など	第9ビット	内容	
0 1	0 0	0	モノラル	音声のモード
0 1	0 1	0	ステレオ	音声のモード
0 1	1 0	0	2重音声（デュアル）	音声のモード
0 1	1 1	0	オート・スチル	
0 1	0 0	1		
0 1	0 1	1	音声チャネルA，Bいずれも情報信号	
0 1	1 0	1	音声チャネルAは音声，チャネルBは情報信号	
0 1	1 1	1		

は，ここでも約20秒間スチル再生をして次のトラックに進みます．オート・スチル信号が記録されていないトラックからは，プレイヤーは通常再生に戻ります．

この音声内容やオート・スチル信号が表示される2ビットは，ライン20と283では別の内容を示すことがあります．このラインでは，2ビットに続く次の1ビットが1のときは音声チャネルに音声以外の信号が記録されていることを示します．またそのとき，この2ビットでその内容を示すことになります．すなわちライン20と283の先頭から9ビット目が1のとき，7，8ビット目の内容が“01”ならば，音声A，B両チャネルにコンピュータ・プログラムなどの情報信号が，また“10”ならチャネルAには音声，チャネルBには情報信号が記録されていることを示します．あとで述べるVHD言語を使ったコンピュータ・プログラムが記録されているディスク（インターアクション・シリーズ）は，音声チャネルBにコンピュータ・プログラムが記録されている部分があり，この部分でその3つのビットがそれを表示することになります．したがって，プレイヤーはこれを受けてスピーカに音声以外の信号が供給されないように自動的に出力を切り換えています．

次に第9ビット目以降について述べます．

❶ ライン17と280（図2-14）

第9ビットから2ニブル（1ニブルは4ビット）でチャプタ・アドレスを表示します．BCDで00～99チャプタまで，最大100チャプタを表示できます．この2ニブルに続く3ニブル（12ビット）でチャプタのローカル・アドレスを表示します．ここでは12ビット，バイナリで0～4,095秒まで表示できますが，実際には最大でも3,599秒（チャプタ0だけで，1時間フルに記録した場合）までです．チャプタ・アドレスが変わるごとにリセットされ，0からスタートします．このローカル・アドレスによって，チャプタ・アドレスによるランダム・アクセスが高速にできます．

リード・イン区間では，(b) に示すような内容になります．リード・イン区間を示すアドレス“11111111”（FF）のあとに，チャプタ・ローカル・アドレスがあります．ローカル・アドレスはプログラム・スタート・アドレスまでの残り時間を表示していますので，速いプログラムの頭出しが可能になっています．

プログラム終了信号区間は (c) に示すような内容になっています．プログラムの終了を表わすアドレス“11101110”（EE）とそれに続くチャプタ・ローカル・アドレスです．ここではプログラムが終了すると同時にローカル・アドレスが0からカウントを始め，プログラムが終了してから何秒たったかを示しています．通常の再生時には，プログラム終了信号（EE）を受けるとプレイヤーは自動的に再生を中止しますが，ランダム・アクセス

図2-14　第17，280ラインのチャプタ・アドレス・コード

(a)　　MSB　LSB　MSB　LSB

同期信号	ライン 音声表示など	チャプタ番号(BCD)	チャプタ・ローカル・アドレス	パリティ
1 1 0 0	1 1	×10　×1	秒(バイナリ表示)	

通常プログラム区間

(b)

			チャプタ・ローカル・アドレス	パリティ
1 1 0 0	1 1 0 0	1 1 1 1 1 1 1 1	秒(バイナリ表示)	

リードイン区間

(c)

			チャプタ・ローカル・アドレス	パリティ
1 1 0 0	1 1 0 0	1 1 1 0 1 1 1 0	秒(バイナリ表示)	

プログラム終了信号区間

図2-15　第18，281ラインのタイム・アドレス・コード

(a)　　MSB　LSB　MSB　LSB

同期信号	ライン 音声表示など	分表示(BCD)	秒表示(BCD)	トラック番号	パリティ
1 1 0 0	1 0	×10　×1	×10　×1	(16進)	

通常プログラム区間

(b)

			分表示(BCD)	秒表示(BCD)	トラック番号	パリティ
1 1 0 0	1 0 0 0	1 1 1 1	×1	×10　×1	(16進)	

リードイン区間

(c)

			分表示(BCD)	秒表示(BCD)	トラック番号	パリティ
1 1 0 0	1 0 0 0	1 1 1 0	×1	×10　×1	(16進)	

プログラム終了信号区間

時には，プログラム終了信号区間に入っても戻って目的のアドレスを探しますので，ローカル・アドレスは役立つことになります．

❷ライン18と281（図2-15）

第9ビット目から2ニブルで“分”，続く2ニブルで“秒”を表わします．いずれもBCDで00～59まで入ります．通常の状態でディスクを再生したときの，プログラムがスタートしてからの時間を表示します．したがって，あとで述べるタイプIIやマルチ・レーンの部分があるディスクでは，ディスク上の物理的な位置とタイム・アドレスが一致しませんが，このような部分を持たないディスクでは物理的な位置と一致します．またオート・スチルが入っているディスクでは，オート・スチル部分をスチルしないで再生したものとしてカウントしますので，60分以上の表示はありません．

図2-16　第20，283ラインのページ・アドレス・コード

(a)

MSB　LSB

同期信号	ライン 音声 表示など	フラグ	ページ (BCD) ×10,000	×1,000	×100	×10	×1	パリティ
1 1 0 0	0 1							

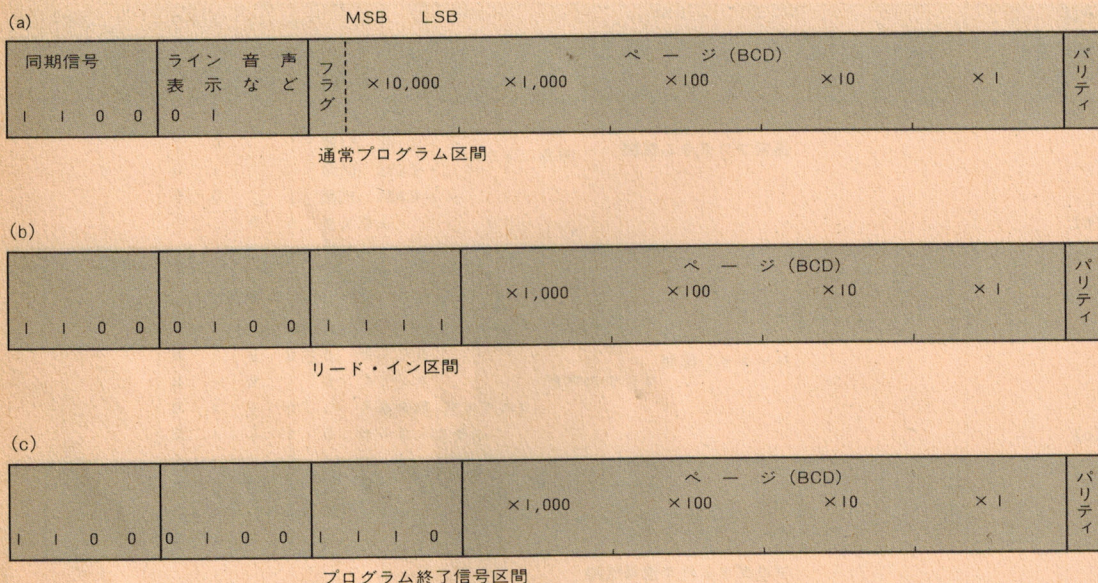
通常プログラム区間

(b)

			ページ (BCD) ×1,000	×100	×10	×1	パリティ
1 1 0 0	0 1 0 0	1 1 1 1					

リード・イン区間

(c)

			ページ (BCD) ×1,000	×100	×10	×1	パリティ
1 1 0 0	0 1 0 0	1 1 1 0					

プログラム終了信号区間

秒表示部分に続く1ニブルでトラック番号を示しています．1秒間に15トラックありますが，その15トラックを0～Eまで16進表示しています．

ディスクのリード・イン区間では（b）に示すようになります．“1111”（F）に続く1ニブルで，プログラム・スタートまでの残りの分を，また，続く2ニブルで残りの秒を表示しています．トラック番号の部分も同様です．

プログラム終了信号区間では（c）に示すようになります．“1110”（E）に続く1ニブルで終了してからの分を，続く2ニブルで秒，その後の1ニブルでトラック番号を表示しています．終了してから9分59秒，14トラック目でカウントを終え，あとはそのまま変化しません．

❸ライン20と283（図2-16）

図2-16（a）に示すように，第9ビット目は前述の音声チャネルに音声以外の情報信号が記録されているか否かを示すモード・フラグ，続く3ビットでページの×10,000の桁を表わします．ディスク片面最大54,000ページ（トラック）ですから，×10,000の桁は0～5を表示すればよく，3ビットで足りるわけです．続く4ニブルはそれぞれBCDで×1,000，×100，×10，×1を表わします．00000～53,999まで表示されます．

ディスクのリード・イン区間では，図2-16（b）に示すように，“1111”（F）に続く4ニブルでプログラム・スタート位置までの残りページ数を示します．

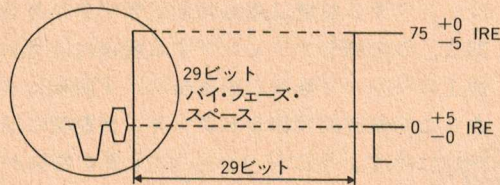
図2-16（c）に示すように，プログラム終了信号区間では，“1110”に続く4ニブルがプログラム終了してからのページ数を表示しますが，9,999でカウントを中止し以降はこの値が表示されます．

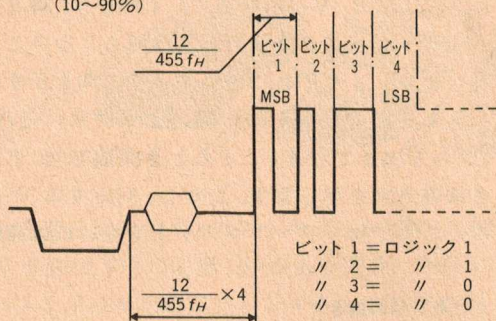
どのラインにおいても，リード・イン区間とプログラム終了区間の音声表示は，モノラル音声になっています．

これらのアドレス信号は，クロック周波数596.6 kHz（455f_H/12）でバイフェーズ・スペース変調され，それぞれのラインに**図2-17**に示すような位置関係を保って記録されます．レベルは0IREと75 IREになります．

次に，タイプIIについて述べることにします．VHDディスクは1秒間に15回転していますので，1回転に4フィールド，2フレーム分が記録されています．したがって，動きの激しいプログラム内容の部分でスチル再生を行なうと，4フィールド間での映像の変化がぶれとなって現われてしまいます．そこで，2フレーム分，同一の映像を記録しておくことが考えられますが，これでは1秒間に15枚の絵になってしまい，動きのスムーズさが減少してしまいます．そこで1秒間30枚の絵，あるいは映画フィルムの場合ほとんどが24

図2-17　アドレス信号記録仕様

詳細は`A'を参照

1．ビットセルの中心で変化したとき，ロジックの'1'を表わす．
　ビットセルの中心で変化がないときは，ロジックの'0'を表わす．

2．立ち上がりと立ち下がりの時間＝225±25nsec (10～90%)

詳細 `A'

コマですので，その場合には24枚の絵を，それぞれのトラックに（2フレーム＝4フィード分）記録します．このまま普通に再生したのでは1秒間に15トラックしか再生できませんので，1/2のスローモーションあるいは5/8のスローモーション再生の動きになってしまいます．したがって，再生時の再生スピードを1秒間30枚の絵の場合2倍速再生，また，1秒間24枚の絵の場合8/5倍速再生を行なえば正しい動きになります．すなわち，1秒間30枚の絵の場合を例にあげて説明しますと，センサがトレースするのは各トラック半周ずつ（1フレーム＝2フィールド分）で30枚すべて1秒間に再生できますし，スチル再生のときには1トラック全周（2フレーム＝4フィールド分）の同一映像を再生することになって，ぶれのない画像が得られることになります．2倍速再生時に音声が正しくつながるようにあらかじめ編集しておきます．

2倍速再生あるいは8/5倍速再生の指示はアドレス信号の記録部分を使用してプレイヤーに指示，プレイヤーは自動的にこのモードで再生するようになっています．この技術を使ったディスクがエクストラ(EXTRA DISC)と呼ばれているものです．全面タイプII編集を行ないますと，ディスクの片面での再生時間は，1秒間に30枚の絵の場合30分，映画フィルムのように1秒間に24枚の絵の場合37分30秒が最大の再生時間になってしまいますが，必要な部分（スチル時に完全な静止画になってほしい部分）だけタイプII編集をすれば，記録時間はそれ以上に延びるわけです．

タイプII編集された映像の部分のアドレス・コード，1回転中4箇所の内の1箇所だけタイプII仕様になります．f_{p3}が記録されている部分のアドレス・コードは**表2-1**のようになります．このコー

表2-1　タイプII時コード

			同期信号	ライン表示						
2進表現による	2倍速	第17ライン	1100 (&HC)	1100 (&HC)	1010 (&HA)	1011 (&HB)	キックフラグ	キック方向	トラック番号	パリティ
		第18ライン	1100 (&HC)	1000 (&H8)	1010 (&HA)	1011 (&HB)				
		第20ライン	1100 (&HC)	0100 (&H4)	1010 (&HA)	1011 (&HB)				
16進表現による	2倍速	第17/18/20ライン	C	C/8/4	A	B				
	8/5倍速	〃	C	C/8/4	A	C	図2-19に表示			
	スローモーション	〃	C	C/8/4	A	D				
	上記以外	〃	C	C/8/4	A	A				
	終了時	〃	C	C/8/4	A	E	0	0	0	

ド信号によって2倍速，8/5倍速再生の他にスローモーションや任意のセンサ・トレースを可能にしています．

その鍵は第5，6ニブルのキック・フラグと，キック方向です．スチル・モードにしてもクイック・モードの場合も，センサが隣りのトラックへジャンプする位置は垂直同期信号ブランキング期間で，この部分でジャンプする場合にはテレビ画面上にジャンプ箇所が出ません．1回転に4箇所あるこの垂直同期信号ブランキング期間には，**図2-18**に示すようにV-1からV-4まで名称がついています．このV-1からV-4のどこで，どの方向にセンサを強制的にジャンプさせるのかを示すのが，キック・フラグとキック方向です．キック・フラグ4ビットは先頭のビットからそれぞれ，V-1，V-2，V-3，V-4に対応し，1のとき，隣りのトラックへジャンプ，0のときは何もしないことを示します．またそれに続くキック方向を示す4ビットも先頭のビットから同じようにそれぞれV-1からV-4まで対応し，1のとき前進方向，0のとき後進方向を示します．ただし，対応するV-番号のところでキック・フラグが1でなければ意味を

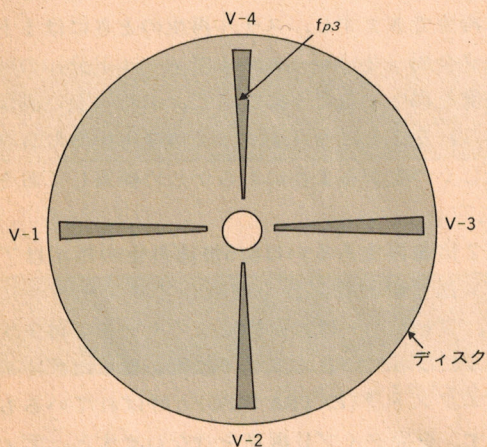



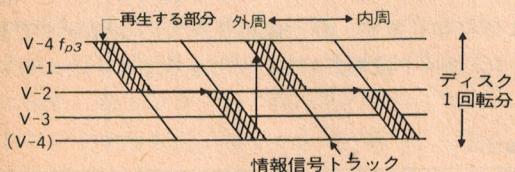
図2-18　V-1〜V-4の位置

図2-19　タイプIIコードとセンサの動き

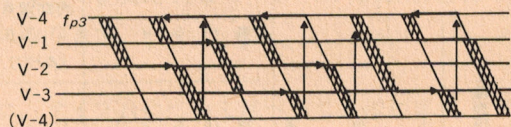
(a)　2倍速の場合

	キック フラグ	キック 方向	トラック 番号
C C8/4 A B	4	4	0
C C8/4 A B	C	C	1

(b)　8/5倍速の場合　　2-3プルダウン再生を行なう

	キック フラグ	キック 方向	トラック 番号
C C/8/4 A C	5	4	0
C C/8/4 A C	B	A	0
C C/8/4 A C	3	2	1
C C/8/4 A C	4	4	0
C C/8/4 A C	0	0	1
C C/8/4 A C	3	2	0
C C/8/4 A C	8	8	0
C C/8/4 A C	0	0	1

(c)　スローモーション時

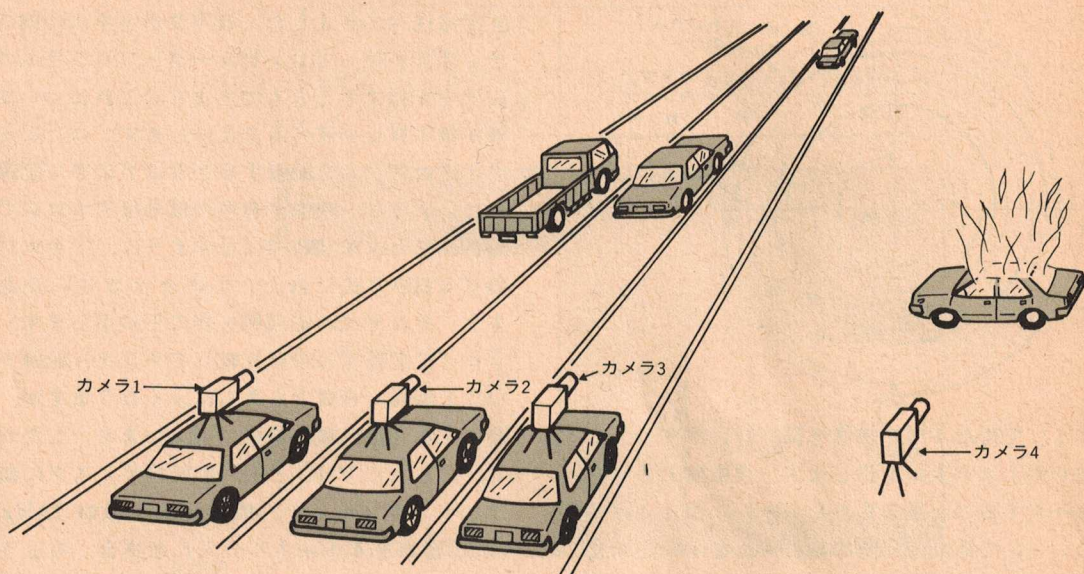
トラック番号	トラックの 再生回数
1000	1
1001	2
1010	4
1011	8
1100	16
1101	32
1110	64
1111	128

C，C8/4，A，D，1，0に続くトラック番号で，スローモーション時のスピードが表示される．

(d)　(a)〜(c)以外

キック・フラグ，キック方向，トラック番号は任意に表示される．

(e)　タイプIIプログラム前と後

2 倍速	C C/8/4 A B 0 0 0	タイプIIプログラムの前の2トラック
8/5 倍速	C C/8/4 A C 0 0 0	
スロー	C C/8/4 A D 0 0 0	
上記以外	C C/8/4 A A 0 0 0	
終了時	C C/8/4 A E 0 0 0	プログラム終了後の2トラック

図2-20 マルチ・レーンの撮影

持ちません．たとえば，この2ニブルが"00010000"（10）ならばV-4の位置（*fp3*がある部分）で後進方向へ1トラックだけジャンプするわけですので，スチル再生を意味し，また"01000100"（44）はV-2の位置で前進方向へ1トラック・ジャンプを示し，2倍速再生になります．（ ）内は16進表示を示しています．

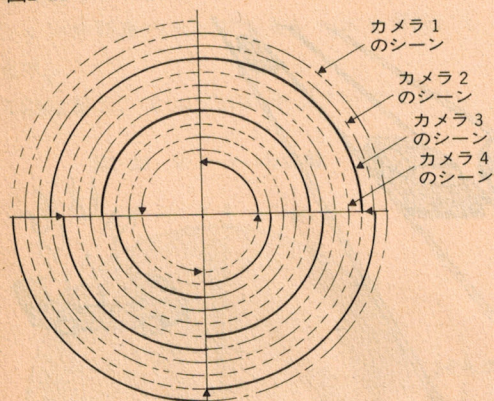
また第7ニブルは正しいトラックをトレースしているとき0，誤ったトラックをトレースしているとき1を表示します．誤ったトラックをトレースしているときは，正しいトラックに戻るためのジャンプ指示も含めて，キック・フラグとキック方向指示がなされています．第7ニブルは，その他にスローモーション時，何回同一トラックを繰り返して再生するかを示しています．繰り返し数の逆数が再生スピードになります．これで指示できるのは1/128倍速までです．1/128倍速は1トラックを8.5秒ずつかかって再生するスピードです．これより遅いスピードが必要な場合，オート・スチルを使用することによって1トラックを約20秒ずつかかって再生します．

タイプII編集部分より先行して2トラック前からタイプIIの予告を行ない，終了してから2トラックは終了したことを示すコードになります．

ディスクを自動的に3倍速再生させたいときのこのコード信号を16進で記述するとライン17では"CCAA990"となります．それぞれの再生モードに対応した図と表を**図2-19**に示します．

VHDディスクは，どのディスクでもクイック・ランダム・アクセスができて，しかもスチル，スロー，クイック・モーションなどのトリック・プレイもできます．さらにタイプIIの技術で必要な部分だけ，スチル再生をしたとき動きが激しい画面でも完全な静止面が得られるようにできるなど，ディスクであるための特長を最大限生かした唯一の方式であることがおわかりいただけたと思います．しかしこれだけにとどまらず，さらにマルチ・レーンという特殊な再生機能を持っています．

マルチ・レーンとは複数シーンの映像を並行してディスクに記録する技術で，再生時1つのシーン（ストーリー）から他のシーン（ストーリー）へ，瞬時に切り換えることができる，いつでもどこでも，1つのシーンから他のシーンに行ったり戻ったりできるようにする技術です．**図2-20**は，マルチ・レーンを説明した一例です．この例では高速道路でのドライビング・シミュレーション，あるいはゲームを想定したものです．カメラ1で高速道路の左側レーン，カメラ2で中央，カメラ3で右端のレーンを同時に撮影します．したがってこの絵の場合，カメラ1ではトラック，カメラ2では乗用車，あいているのはカメラ3で撮るレーンだけというシーンが撮れます．各レーンでのシーンと共に，カメラ4で自動車が事故で燃えているシーンを撮ります．

図2-21　マルチ・レーンのディスク上の4つのシーン

こうして得た4つの映像を**図2-21**に示すような方法でディスク上に記録します．再生時センサがトレースするのか指定されたレーン，たとえば第2のレーンであれば，そのレーン上をトレースすればよいことになります．これはちょうど，4倍速再生を行なっているパターンとまったく同じで，このとき得られる映像は，カメラ2で撮影したものです．隣りのカメラのシーンへ移りたい場合は1トラック分センサをジャンプさせればよいわけで，1 ms以下の時間で移動してしまいますので，垂直ブランキング期間内で充分完了してしまいます．このようにセンサがトレースするレーンが複数あるところからマルチ・レーンと呼んでいます．このマルチ・レーンでセンサが1つのレーンをトレースするため，各垂直ブランキング期間，V-1～V-4でのジャンプの有無を指定するのもタイプII同様，f_{p3}が記録されている部分に記録されているアドレス・コード部分で行ないます．この場合には現在トレースしているレーンの番号や，全部で何レーンあるのかなども同時に記録されていますのでプレイヤーは自動的に指定されたレーンをキープ（保持）することができます．あとで述べるVHD言語の中のキープ・レーン（KEEPL）はこれを意味します．パソコンをプレイヤーに接続して，このマルチ・レーンを使いますと，いままで考えられなかったことが実現でき，ディスクの応用範囲は格段に広がります．

3. AHD方式とは

VHD方式は情報信号をアナログで記録しています．アナログ記録を行なうと1枚の盤に最大2時間の動画と音声2チャネルが記録できることはすでに述べてきました．音声2チャネルの内の1チャネルを使ってコンピュータ・プログラムのデータを記録することもできます．これについては第4章で詳しく述べることにします．コンピュータ・プログラムを記録するときはデジタル記録を行ないますが，映像や音声の信号はアナログで記録されています．**表2-2**に示すように，アナログ記録のVHD方式には，2つのカテゴリーがあります．それぞれの応用例を表の下に示します．アナログで記録するのに比較してデジタル記録を行なうと画質，音質ともさらによくなりますが，必要とする記録容量は格段に増大します．したがって，まったくVHDと同一形状のディスクに量子化ビット数16ビット，標本化周波数44.1kHzのPCM音声を4チャネル分入れた場合，ちょうどVHDディスクの映像とステレオ音声を記録するのと同じになり，いずれも最大2時間の記録容量になります．表2-2に示す第3番目のカテゴリーになります．したがってこの場合，2チャネル・ステレオの場合，最大4時間分記録できることになりますが，このように大きな容量を必要とするプログラムはそれほど多くなく，オペラやバレー音楽などに限られています．そこでディスクに記録できる容量の内半分（16ビット，44.1kHz　2チャネル分）を音声用に，残り2チャネル分に静止画を記録する場合がカテゴリー4になります．PCM 2チャネル分の容量を使用して記録できる映像は，これもデジタル化しますと片面に1,500枚，両面で3,000枚になります．すなわち，デジタルの静止画3,000枚と2時間のPCMステレオ音声を同時に記録することができるようになります．静止画3,000枚が2時間分になるわけですので，2.4秒に1枚の割合で静止画を記録することになります．テレビ映像は1秒間に30フレームありますので，映像メモリを使って2.4秒間かかって1枚の静止画のデジタル情報を取り込み，1秒間に30フレームが出力するようになる必要があります．このようなAHDのカテゴリーでは，たとえば超Hi-Fiの音声に，これまた超高画質の静止画を付けることができます．あるいは，この逆の，撮影したときの画質をそのまま保っている画像に，PCMのステレオ音声を付けることができるわけです．

音声は超Hi-Fiでなくてもよいから長時間ほ

表2-2　VHD/AHDシステム・カテゴリーと応用例

	アナログ記録 (VHD)		デジタル記録 (AHD)		
	カテゴリー1	カテゴリー2	カテゴリー3	カテゴリー4	カテゴリー5
	ノーマル	インタラクティブ	A	AV	AVC
記録情報	音声 ステレオ 2Hr.	音声モノ2Hr. データ/音声 (2.6MB)	音声 ステレオ 4Hr. (2.54GB)	音声 ステレオ 2Hr. (1.27GB)	圧縮音声 16Hr. (950MB) 文字データ (260MB)
	ビデオ 2Hr.	ビデオ 2Hr.		ビデオ 3,000フレーム (1.27GB)	ビデオ 3,000フレーム (1.27GB)
			データ (20.8MB)	データ (20.8MB)	データ (20.8MB)
応用例					
オーディオ・ディスク	音楽	――	音楽 BGM カラオケ	――	――
VTR	映画 記録	――	――	静止画付き音楽 芸術	――
印刷物	――	百科事典 カタログ 案内 マニュアル	――	カタログ 案内	百科事典 カタログ 雑誌 マニュアル
新分野	カラオケ	シミュレータ ゲーム プログラム 学習	――	――	データ・ファイル ゲーム

しい，また文字などのデータも記録したいという要求に対して用意されているのが，第5番目のカテゴリーになります．カテゴリー4では，1,500枚片面にフルに記録すると1枚の静止画に2.4秒分のステレオ音声が付くことになりますので，それぞれの静止画の説明を音声で行なうには時間が短すぎることになります．そこで圧縮音声の技術により，モノラルで最大19.2秒の音声をそれぞれ静止画に付けられるようになっています．またさらに，それぞれの静止画に，87Kバイトのデータ（文字数にして漢字を含む文で43,500字）を付けることができます．したがって，このカテゴリーを応用すると1枚のディスクに3,000枚のデジタル静止画と，それぞれの静止画に最大19.2秒の音声と43,500文字の説明が入った図鑑などができます．

このように情報信号をデジタル記録したものをAHD（**A**dvanced **H**igh-Density **D**isc System）

表2-3　AHD方式の仕様

項目	仕様
再生方式	電子トラッキング静電容量方式
回転数	900rpm
ディスク外形	260mm
トラック・ピッチ	1.35μm
ピット形状	幅0.8μm，深さ0.3μm
変調方式	スクランブルドNRZ-FM
搬送波	6.7MHz
伝送レート	5.733Mbps
誤り検出，訂正方式	CRC＋バイパリティ
伝送路	4チャネル
主信号容量	2.54Gバイト（両面）
記録方法	外周から内周へ，両面

表2-4　AHD記録モードと記録される情報

モード番号	再生状態	各チャネルの信号			
		1	2	3	4
1	3ch 音声と静止画	音左	音右	音中	画
2	4ch ステレオ	音左	音右	左-後左	右-後右
3	2ch 音声 2 系統	音左A	音右A	音左B	音右B
4	2ch 音声と静止画	音左	音右	画	
5	(モノラル音声と静止画) 2 系統	音A	音B	画A	画B
6	データファイル	データ		データ	
7	業務用ディスク	−	−	−	−
8	業務用ディスク	−	−	−	−
9	2ch 音声と静止画とデータ	音左	音右	データ	画
10	業務用ディスク	−	−	−	−
11	モノラル音声 4 系統	音A	音B	音C	音D
12	画像とデータのファイル	圧縮音声/データ		画	

と呼んで，VHD と区別しています．

表2-3に AHD の一般的な仕様を示します．AHD はすでに述べたように 4 つの伝送路を持っています．各々の伝送路は16ビットのデータを 1 秒間に44,100個伝送します．各伝送路で音声，静止画文字コードなどのデジタル・データを伝送します．それぞれの伝送路をどのようなデータのために使用するかによって，前述のカテゴリー区分が異なってきますが，このカテゴリー以外の利用法もあります．それらをまとめて**表2-4**に記録モードと記録される情報の内容を示します．記録モードはディスク同一面内で切り換えて使用でき，プレイヤーや復調器は指定されたモードに合わせて動作を行ないます．

AHD の信号フォーマットは**図2-22**のようになっています．信号 1 ブロックは130ビットで構成され，1 秒間に44,100ブロックが伝送されます．それぞれ16ビットのデータを持つ 4 つの伝送路（4 チャネル信号 1 ～ 4）は**表2-4**の 4 つのチャネルに対応します．チャネル信号の他，誤り訂正用のパリティ信号，誤り検出用の CRC データ，アドレス，特殊ビット，同期のための信号が入っています．各ブロック信号のうち，同期コードを除く122ビットの信号は，あらかじめ設定された乱数テーブルと 2 を法とする加算によるスクランブルが行なわれています．

アドレス信号は**図2-23**に示すように，チャプタ・アドレスが 2 種，それにページ，タイムのアドレスを示します．アドレス信号は196ビットで構成されていて，1 ビットずつ，196ブロックに分散して記録されています．したがって 1 回転には15回，同一内容のものが記録されています．VHD の場合は 1 回転に 4 回ですので，約 4 倍繰り返し記録されていることになります．2 種のチャプタ・アドレスはモード 3，5 のように 2 系統のプログラムを持つものに対しても，対応できるようにしているためです．

特殊ビットには後に述べるプレイヤーやアダプタにコンピュータを接続してインタラクティブ動作を行なわせるための VHD/AHD 言語を記録することができます．

次に静止画の仕様について述べることにします．16ビット，44.1kHz の伝送路 2 チャネルで 1.41Mbps の伝送レートになります．この伝送レートで静止画を伝送するためには，1 枚の静止画に対して 2 秒以上必要とするので動画を伝送することはできません．しかし静止画の一部分を書き換えることができるように画面アドレスを持っていますので，一部分を動かすことは可能になります．

表2-5に PCM 音声信号の仕様と静止画の仕様

図2-22　AHDの信号フォーマット

←　スクランブル処理（チャネル信号〜特殊）　→

同期	チャネル信号				パリティ		誤り検出	アドレス	特殊	
	1	2	3	4	P	Q			E	F
8	16	16	16	16	16	16	23	1	2	

←ビット数

←　130ビット　→

図2-23　アドレス信号のフォーマット

チャプタA			チャプタB			ページ			タイム		
同期	モード	データ	同期	モード	データ	同期	モード	データ	同期	モード	データ
49			49			49			49		

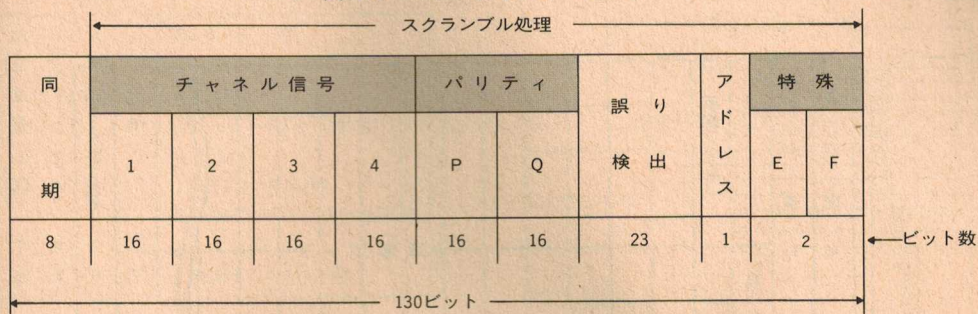
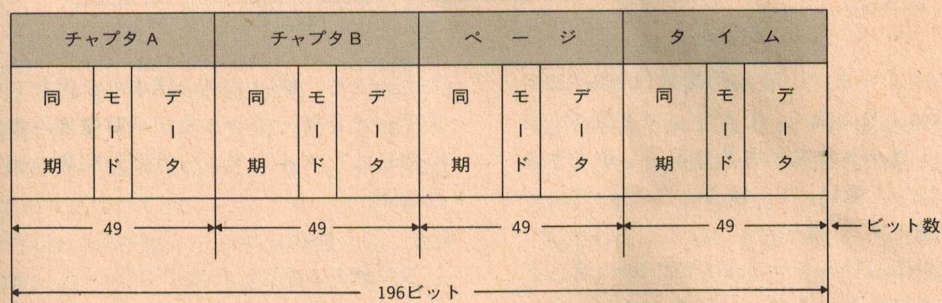
←ビット数

←　196ビット　→

を示します．AHDでは全世界共通仕様にするため，回転数900rpm，画像を構成する走査線数はPAL／SECAM方式と同じ625本になっています．したがって，これをNTSC方式で再生する場合には，625本から525本へライン数変換を行ないます．この変換を行ないやすくするためにAHDでは垂直方向（画面の上より下）に画像データを伝送しています．すなわち最初に通常のテレビジョン方式と同様，水平方向走査によって画像を取り込みます．このときの標本化周波数は輝度信号（Y）9MHz，R-Y，B-Yの色信号は2.25MHzになっています．したがって，1ライン当たりの標本点は576点，同期信号部分などを除いて456点になります．また走査線数は625本，これも同期信号部分を除いて572本とし，456×625の有効画素数となります．これを垂直方向に読み出しながらデータを伝送し，ディスクに記録します．ディスクの再生出力が縦方向走査ですので，画像メモリに記憶させる前に625→525ライン数変換が行なえ，また画像書き換えが横方向ワイプで行なえますので，1画面分のメモリしか持たない場合でも視覚的に良好であり，またプログラム・ソフトの多様

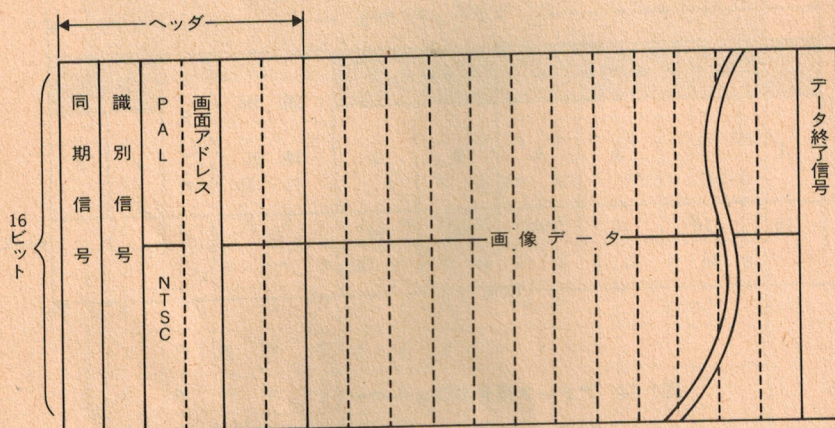
表2-5　音声と静止画の仕様

(a) 音声

項目	仕様
標本化周波数	44.1kHz
サンプリングタイム	同時
量子化ビット数	16ビット直線
コーディング	2Sコムプリメント
プリエンファシス	無または有 (有の場合TC＝50/15μs)

(b) 静止画

項目	仕様
コーディング方式	コンポーネント符号化
信号形式	Y，R-Y，B-Y
標本化周波数	Y：9MHz R-Y，B-Y：2.25MHz
1ライン当たりの標本点	576（R-Y，B-Yは144）
アクティブ画素数	456（R-Y，B-Yは114）
走査線数	625
アクティブ走査線数	572
標本点の配置	格子型
量子化ビット数	各信号とも8ビット直線
量子化レベル	Y：黒16，白235 R-Y，B-Y：中心128

図2-24　画像信号の伝送フォーマット

化にも役立っています．有効画素数は260,832で2^{18}=262,144より少なく，したがって256KRAMに輝度信号1ビット分を記憶させることができます．量子化ビット数は，Y，R-Y，B-Yいずれも8ビット直線です．

画像信号の伝送フォーマットを**図2-24**に示します．最初に6ワード（1ワード＝2バイト＝16ビット）のヘッダ部分があって，それに続けて8ビットの画像データが2サンプルずつ伝送されます．同期信号は16進表示でFFFEになっています．識別信号はヘッダに続く画像データの内容を表わします．ここでは1,125本の走査線数を持つ高品位画像か，625本の通常の画像か，あるいは部分書き換えか，全面か，またフル・フレーム画像か，圧縮されたハーフ・フレーム画像かなどの識別ができるようになっています．

画面アドレス信号は再生用メモリのアドレスを表わし，PALあるいはSECAMの625本用とNTSCの525本用（625→525変換を行なった）のメモリのそれぞれ両アドレス信号を伝送します．またワイプの方向も指定することもできます．画面アドレスで指定することによって画像の一部分だけを書き換えることができますので，全体を書き換えるのと異なって短時間になります．

ハーフ・フレーム・モードではフル・フレーム時，有効走査線数が572本あるのに対して，その半分，すなわち286本になります．このとき，画素数はフル・フレームの2分の1になりますので，伝送時間も2.4秒の半分，1.2秒で伝送されます．水平走査線上の奇数番目の標本点は奇数フィールドのデータを，偶数番目の標本点は偶数フィールドのデータを持っていますので解像度の劣化が少なくほとんどフル・フレーム画と同等の画質が得られます．

次に**表2-2**で示したカテゴリー5（モード12）について述べることにします．このモードでは，画像情報についてはすでに述べてきた他のモードと同じですが，音声は圧縮して記録しています．モード12の仕様を**表2-6**に示します．音声は周波数帯域5 kHz，ダイナミック・レンジ84dBで静止画の解説用には充分な音質になっています．また，それぞれの画面に87Kバイトのデータを記録できますので，漢字を使用した文で43,500字分になります．圧縮音声の方法は再生側の負担を軽くするため瞬時圧伸の方式になっています．**図2-25**に記録フォーマットを示します．静止画にはあらかじめ1～8の番号を付け，2.4秒間隔で記録します．P_{11}に対する音声をS_{11}の区間（19.2秒分）に記録します．すなわち画像の伝送と同時にスタートし，8枚目の画像の位置まで記録されているわけです．同様にP_{12}に対する音声はS_{12}の区間に記録します．以下順次記録してありますので再生時，指定したチャネルの画像（8枚ごとの絵）と音声が連続して再生されるようにすれば片面8時間分の容量になります．チャネルを適時変えることによって，高度なインタラクティブ・システムの画像ファイルにすることができます．

表2-6　モード12の仕様

画像方式	表2-5（b）と同じ
音声方式	
標本化周波数	11.025kHz
量子化ビット数	10ビット（14ビット相当）
圧縮方式	瞬時圧伸
再生時間	1画面当たり19.2秒 複数画面にわたる連続音可能
文字方式	コード方式
記録容量	1画面当たり87Kバイト

図2-25　モード12の記録フォーマット概念図

4. PAL/SECAM方式との互換性

AHD方式は世界のどの方式に対しても対応できる共通仕様ですがVHD方式のディスクにはNTSC方式とPAL/SECAM方式の2種類のディスクがあります．しかし，いずれのディスクもすべての信号の周波数は，水平同期繰り返し周波数を基準にしていて，その比率は同じです．したがって，NTSC方式のプレイヤーでもPAL/SECAM方式のディスクの水平同期繰り返し周波数をNTSC方式の水平同期繰り返し周波数と同じになるように再生時の回転数を変えることによって，すなわち0.7%ばかり速く回転させることによって垂直同期繰り返し周波数だけは50Hz，60Hzと異なりますが，その他の周波数は同じになります．したがって，NTSC方式のテレビ画面で19%垂直方向に伸びますがPAL/SECAM方式のディスクを日本やアメリカで楽しむことができます．また，逆も可能で，PALあるいはSECAM方式のプレイヤーと受像機で，NTSC方式のディスクを楽しむこともできます．この場合には画面が垂直方向に16%縮むことになります．なお最近は垂直方向の大きさを正しいサイズに自動的に補正する受像機が出ています．このような受像機ではどの方式のディスクでも正しい大きさで楽しむことができますので，完全な互換性が得られます．**図2-26**はVHD方式ディスクの互換性について，**表2-7**はそれぞれの条件での数値を示します．

表2-7　NTSC/PAL，SECAM互換性

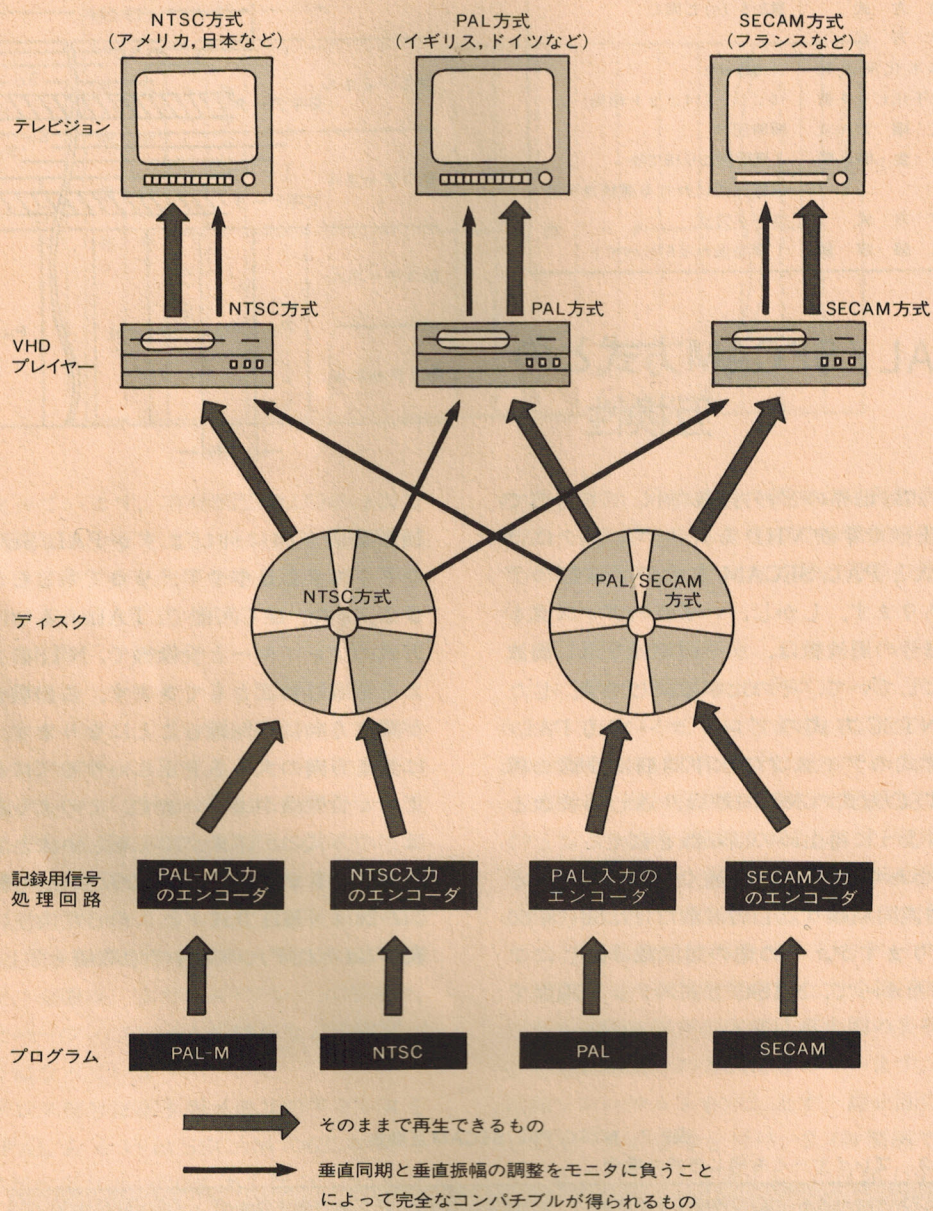
(a)　ディスク，プレイヤーとも同じ方式の場合

ディスク，プレイヤーとも	垂直繰返し周波数	水平繰返し周波数	水平走査線数	回転数
NTSC方式	59.94Hz	15.734kHz	525本	899.1rpm
PAL，SECAM方式	50.00Hz	15.625kHz	625本	750.0rpm

(b)　ディスク，プレイヤーの方式が異なる場合

ディスク，プレイヤー	垂直繰返し周波数	水平繰返し周波数	水平走査線数	回転数	垂直振幅
PAL，SECAMディスク ↓ NTSCプレイヤー	50.35Hz	15.734kHz	625本	755.25rpm	119%
NTSCディスク ↓ PAL，SECAMプレイヤー	59.52Hz	15.625kHz	525本	892.80rpm	84%

図2-26　NTSC/PAL, SECAM互換性

第3章

記録から再生まで

1. どのようにして信号を記録するのか

VHDディスクに記録する信号は，通常の放送用VTRテープに記録されている映像，音声の再生出力と同様のものをカッティング・マシンのエンコーダに供給します．したがって，カッティングのためのマスターテープは放送用と同じですが，カッティングを行ないやすくするためのいくつかの信号やタイトルなどが記録してあります．またチャプタ・アドレスやオート・スチル・コードなどの記録位置を示す情報，またプログラム終了信号や音声モードなども必要ですので，素材に対して，カッティングのための事前編集が行なわれることになります．**写真3-1**はVHD編集設備の一例です．

AHDディスクをカッティングするためのマスターテープを制作する工程は，次に述べるように従来にない工程がいくつか入ります（**図3-1**）．制作プロセスでは数回のダビングが行なわれますが，デジタル信号のまま行ないますので画質の劣化や変動は起こりません．素材からの収録は**図3-2**のブロック図で示すような構成になっています．ここで使用されるカメラ，FSSなどは625本仕様のものが必要です．

画像のフォーマッティングは，**図3-3**のブロック図で示すような構成になっています．ここでは水平方向走査の画像信号を縦方向にし，画像信号の伝送フォーマット（図2-24）に従って出力します．この信号は，VTRでマスターテープにデジタル信号として記録されます．このとき使用する機器や画像マスターの編集方法は，PCM音声の編集と同様です．

一方，PCM音声も画像に同期するように（あるいは逆に音声に画像を同期させるようなプログラムもありますが）編集され，画像同様VTRでマスターテープを作ります．

図3-1　画像のマスターテープの制作工程

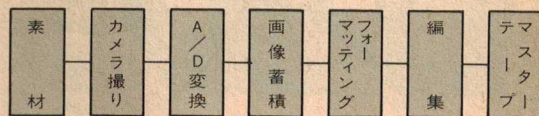



図3-2　画像の収録装置の構成

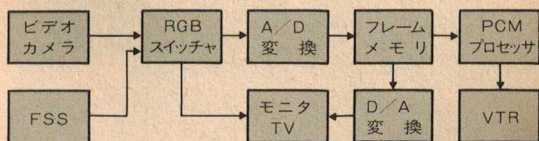



図3-3　画像のフォーマッティング部の構成

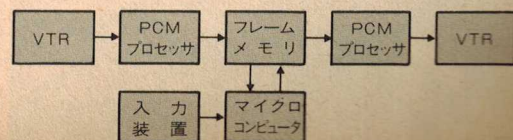
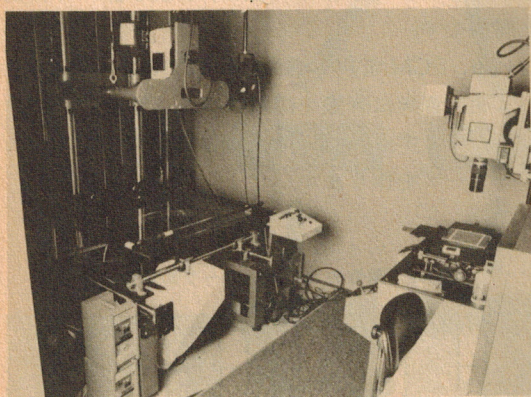



写真3-1　VHD編集設備

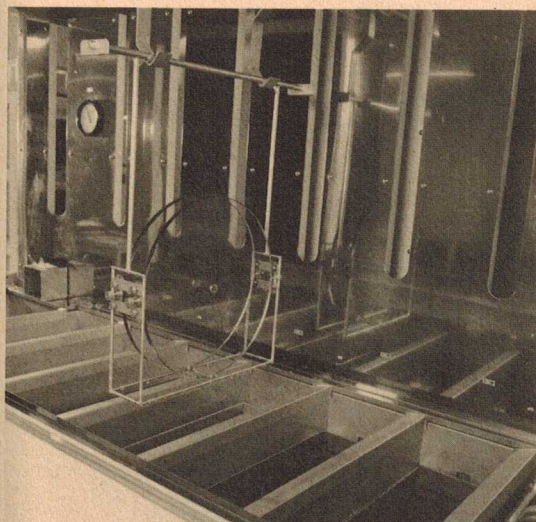
(a)　AHD画像収録装置

(b)　AHD画像収録装置

(c)　AHD画像編集設備

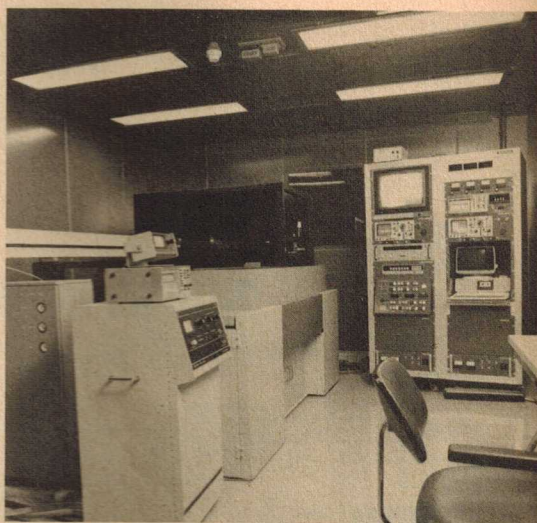
オーディオ・レコードのカッティングは，ラッカ盤と呼ばれるアルミの平らな円盤の上にラッカを厚く平らに塗ったものを記録基体として，ダイヤモンド針で機械的な振動によって信号を記録し，原盤を作ります．しかし，機械的な振動を使って映像信号をリアルタイムで記録することは困難です．

VHD/AHD方式は，平らに研磨された10mm厚の青板ガラス盤に感光剤を塗布したものを記録基体として，カッティングを行ないます．**写真3-2**はガラス盤の表面研磨装置，**写真3-3**はガラス盤

写真3-2　ガラス盤表面研磨装置

写真3-3　ガラス盤洗浄装置

洗浄装置です．ガラス盤の研磨は4枚同時に行なわれ，研磨後洗浄され，感光剤が塗布されます．

カッティングは，クリーン・ルーム内に設置されたカッティング・マシンで，レーザー光を使ってリアルタイムで行なわれます．**写真3-4**はカッティング・マシンです．原理を**図3-4**に示します．レーザー光は，波長4,579Å，出力500mWのアルゴン・レーザーを使います．出力されたレーザー光は最初に，ハーフ・ミラーを使って情報信号記録用の主光線と，トラッキング信号f_{p1}，f_{p2}，記録用の副光線に分けます．主光線の光の強度は，光変調器1によって周波数変調された情報信号を振幅制

写真3-4　カッティング・マシン

限した信号に合わせて変えられます．一方，副光線の光の強度は，光変調器2によってトラッキング信号f_{p1}，f_{p2}に応じて変えられます．トラッキング信号は，1回転ごとにf_{p1}，f_{p2}が交互にどちらか1つだけ出力されるようになっています．それぞれの光変調器に出力された被変調光は，ふたたびハーフ・ミラーによって1箇所に集められて，記録基体上に記録レンズで集束されます．集束される位置は，**図3-5**に示すようにトラッキング信号の副光線は記録基体の感光剤面上で情報信号用の主光線に対して，半径方向に対して1/2ピッチ分ずれて集束されるようになっています．このようにすることによって，情報信号とトラッキング信号が同時に，リアルタイムで記録できることになり，記録済原盤上では，情報信号ピット（孔）列の両側にf_{p1}とf_{p2}のトラッキング信号が記録されることになります．

情報信号ピットを記録する主光線のほうは集束時，矩形状になるように形成されていますから，再生時，センサの電極が通る位置がずれても信号のSN比に対する影響が少なく，また周波数特性もよくなります．

カッティングの終わった原盤は現像処理されて，信号を表わす機械的な凹凸があるガラス原盤ができあがります．このガラス原盤から金属電鋳でメタル・マスタを作ります．メタル・マスタを取った後，ガラス盤はふたたび研磨されて，記録基体として繰り返し数十回にわたって使用されま

図3-4　カッティング・マシンの原理図

図3-5　主・副光線の集束位置の関係図

主光線

情報信号とインデックス信号で変調されている

副光線

トラッキング信号で変調されている

感光した情報信号ピット列

感光したインデックス信号ピット列

回転方向

感光剤

1/2ピッチ

1ピッチ

青板ガラス

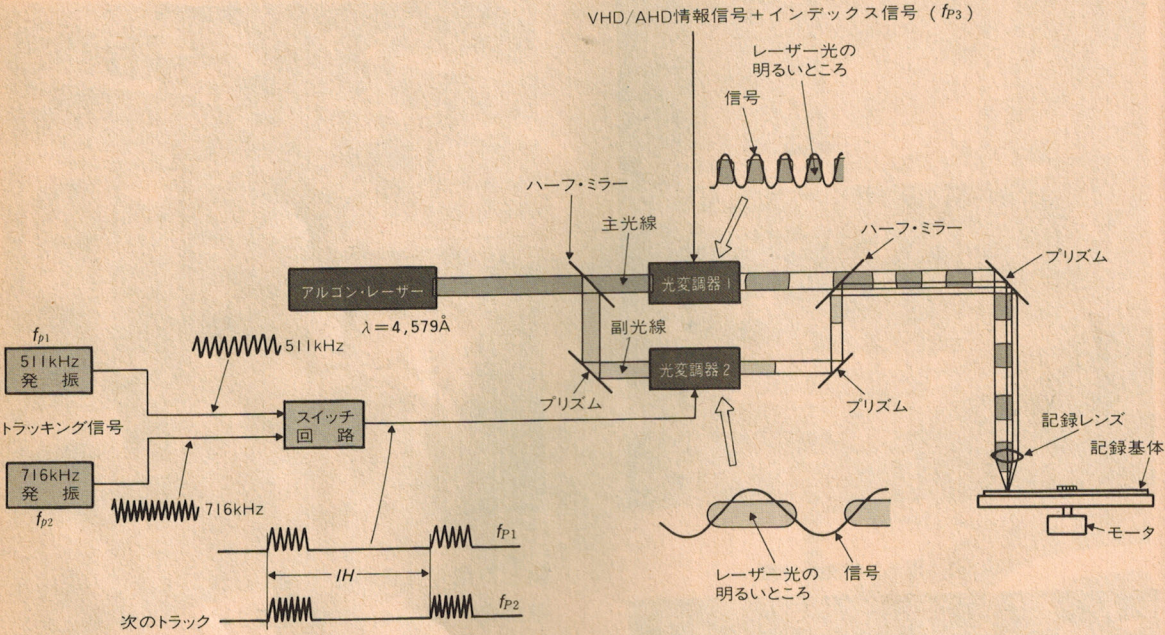
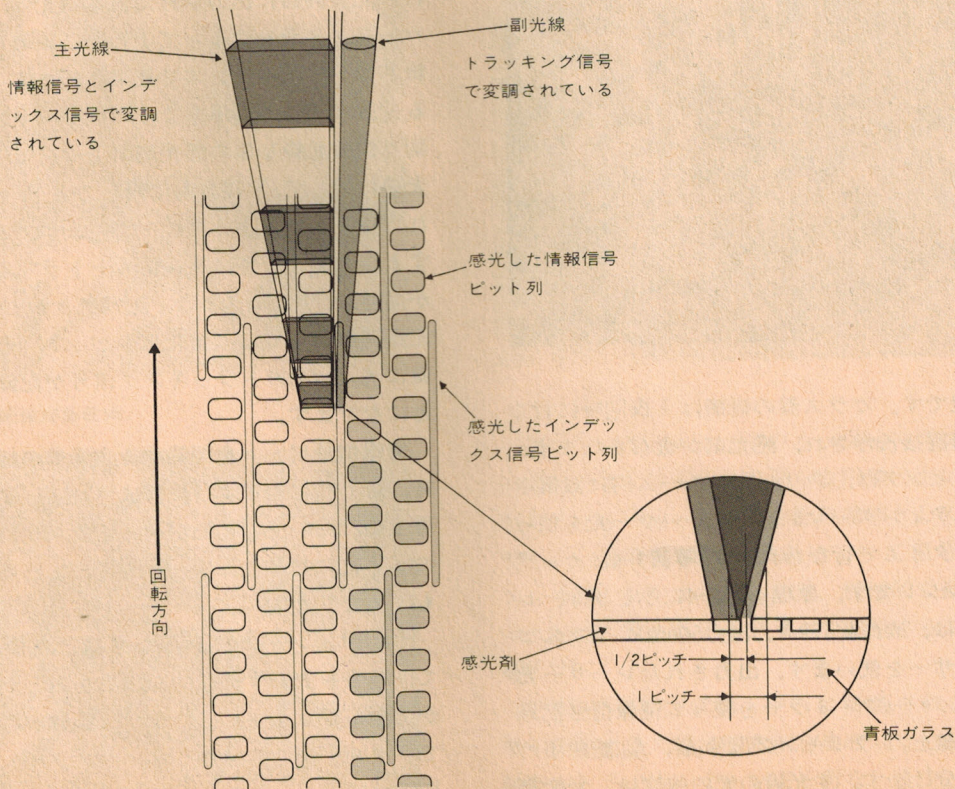



図3-6　VHD記録系信号回路ブロック図

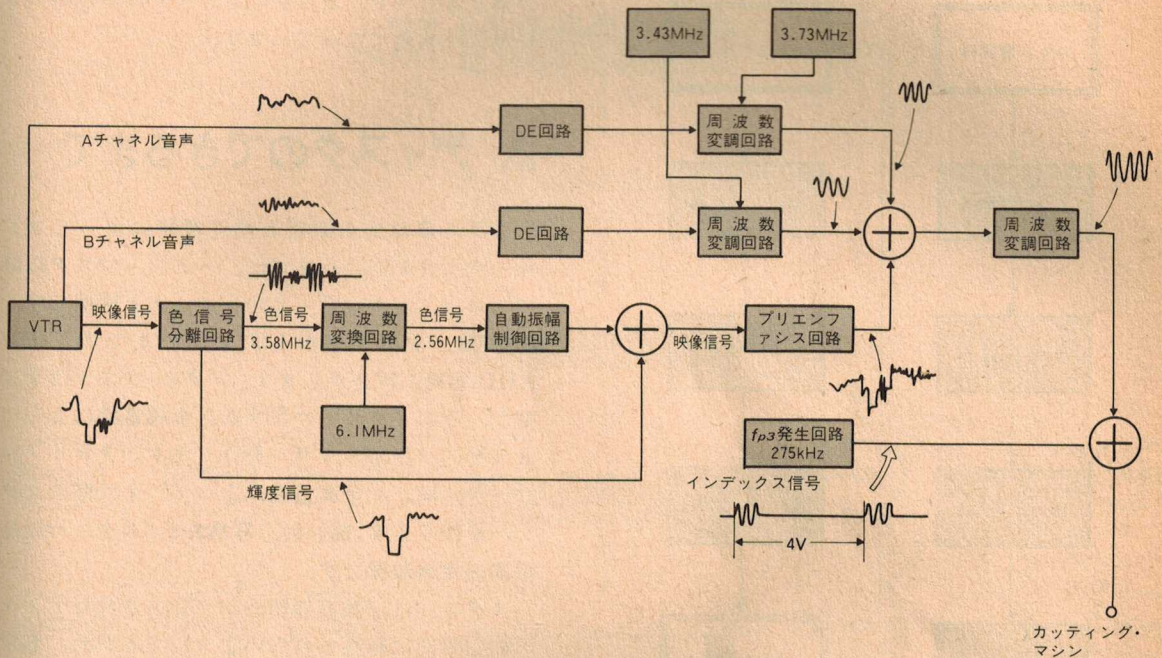
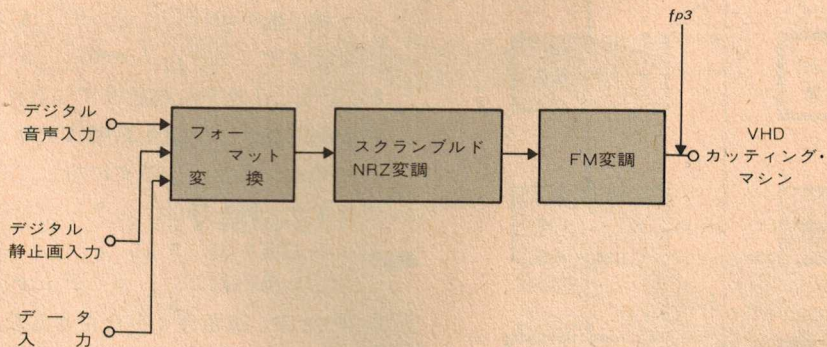
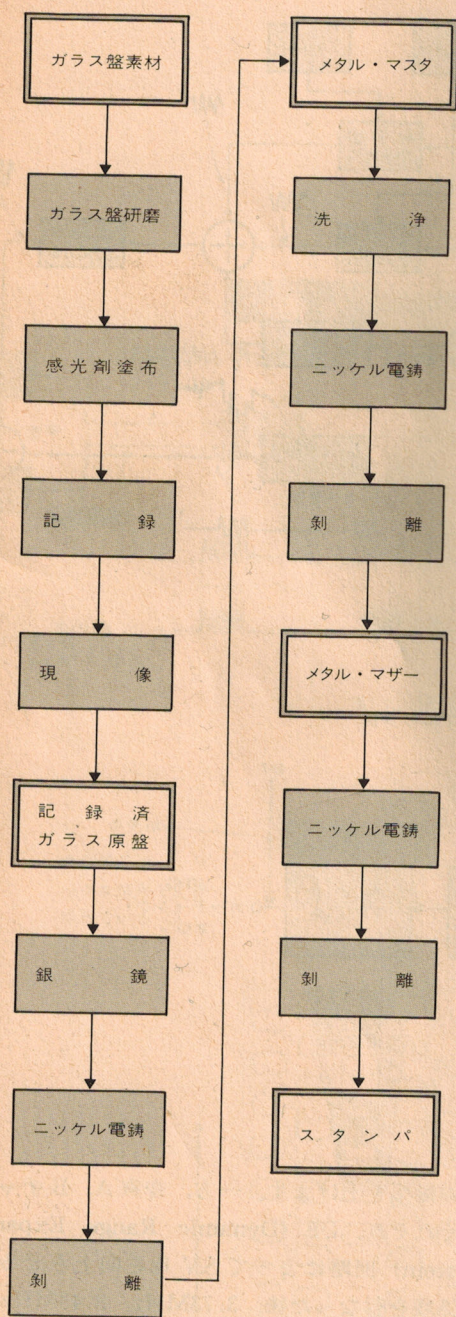



図3-7　AHD記録系信号回路ブロック図

す．ガラス基体に塗布する感光剤の厚さは，静電容量再生方式であるVHD方式の場合，厳密な管理が不要ですので製作が容易です．

VHDディスクをカッティングする場合の信号回路の構成は**図3-6**のようになります．

1インチのカッティング・マシンと同期した放送用VTRでカッティング・マスターテープを再生，その出力をVHDカッティング用エンコーダに入力します．映像信号から色信号を分離して，副搬送波周波数を3.58MHzから2.56MHzに変換します．この後ふたたび輝度信号と加え合わせ，プリエンファシスを行ない，周波数成分の高いほうの振幅を上げます．一方，音声A，Bチャネルはそれぞれ，DE（Dynamic Range Expansion System）回路によって*SN*比を向上させるための処理を行なった後，3.73MHz，3.43MHzの搬送波を周波数変調して映像信号に加え合わせます．この複合信号で1つの搬送波を周波数変調してVHDディスクに記録するための情報信号ができあがります．この情報信号にf_{p1}，f_{p2}の切り換わり目に記録する，1回転したことを表わすf_{p3}：275kHzのインデックス信号を加え合わせて主信号とします．

一方，AHDディスクをカッティングする場合

図3-8　VHD/AHD記録(マスタリング)工程

の信号回路の構成は**図3-7**に示すようになります．2台のVTRとPCMプロセッサを同期運転して，デジタル音声，デジタル静止画を入力します．これらの信号はフォーマット変換が行なわれ，デジタル変調されます．この信号を周波数変調して，VHDと同様インデックス信号f_{p3}を加え，VHDと同じカッティング・マシンに入力します．

このように，VHD，AHDとも信号のプロセスが異なるだけで，カッティング・マシン以降のプロセスは共通になっています．

2. ディスクのできるまで

ガラス原盤から銀鏡と高速電鋳によってメタル・マスタが作られますが，メタル・マスタ以降のプロセスはオーディオのレコードと同様です．**図3-8**は，ガラス盤からスタンパまでのVHD/AHD記録工程を示します．メタル・マスタはオス型で，そのメタル・マスタから金属電鋳によってメス型のメタル・マザーを作ります．メタル・マザーから同じく金属電鋳によって，オス型のスタンパを作ります(**図3-9**)．**写真3-5**はスタンパ製造用高速電鋳装置です．

スタンパは，裏面の凹凸がプレスされたディスクの信号面に転写されないようにするため，裏ずりと呼ばれている研磨を裏面にした後，プレス機に取り付くように型付けをされます．その後，プレス機に取り付けられて，ディスクのプレスが行なわれます．メタル・マザー，スタンパとも**図3-9**のようにそれぞれ複数枚ずつ取れますから，1枚の記録原盤から多量生産用に充分な枚数のスタンパができ，また追加注文に対しても迅速な対応ができます．**図3-10**は，スタンパからディスク・プレスの工程を示します．

ディスクの材料は，オーディオ・レコードと同じPVCに，導電性をもたらせるため，少量のカーボンの微粒子を加え，さらに添加剤を加えたものです．プレスは普通の環境に比較してクリーン度の高い部屋に置かれたオーディオのレコードと同じプレス機を使用して自動的に行なわれます．**写真3-6**はプレス機の一例です．プレスされたディスクは，自動的に中心孔があけられ，周囲がきれいに切り取られてできあがります．できあがったディスクは，ディスク・ケースに自動収納されて出荷されます．このように，VHD/AHDのディスクはプレス後の特殊処理がありませんので大量生産に向いており，製造コストも安いというメリットがあります．

写真3-7は，できあがったディスクの表面の写真です．また**写真3-8**は，オーディオ・レコードの溝，

図3-9　スタンパ製造プロセス

感光剤
青板ガラス
ガラス原盤
現像
ガラス原盤
メタル・マスタ
メタル・マザー
スタンパ
ディスク

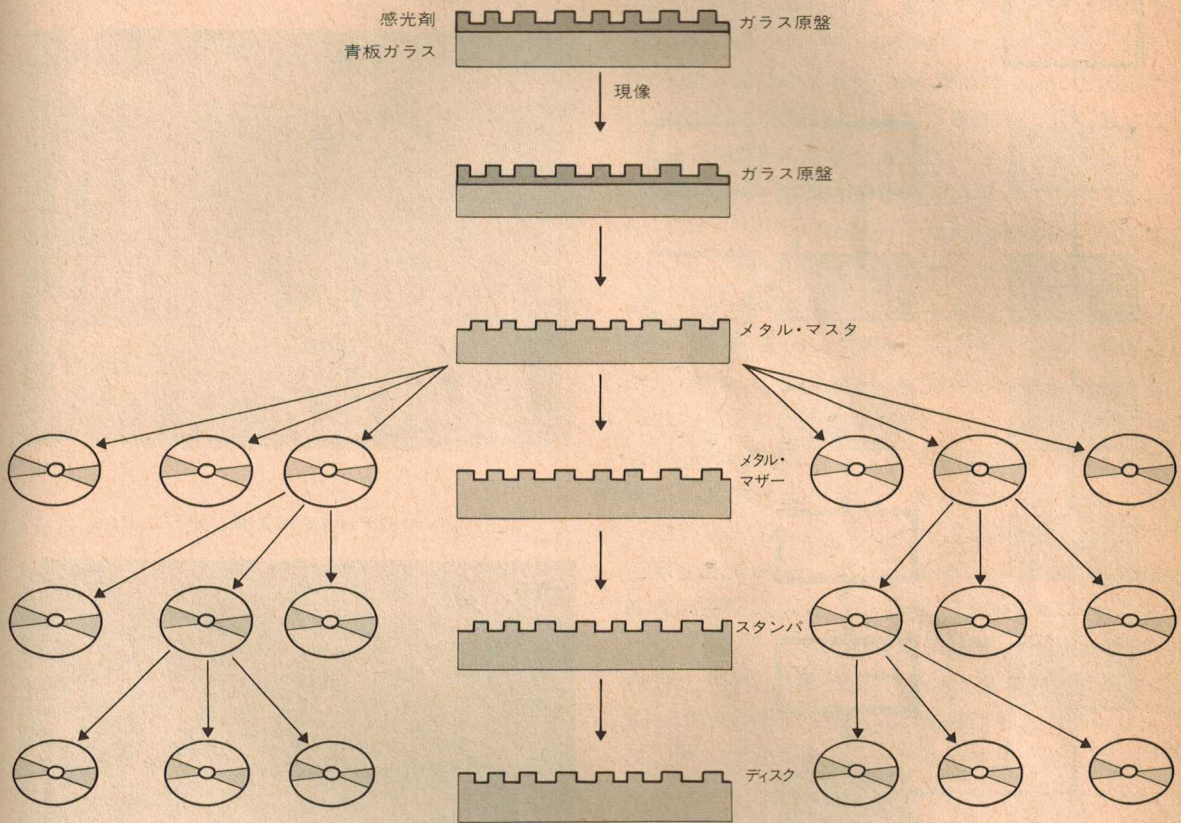



写真3-5　スタンパ製造用高速電鋳装置

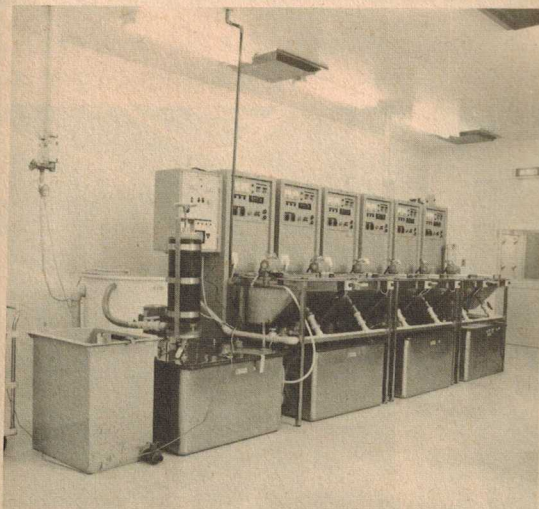



写真3-6　プレス機

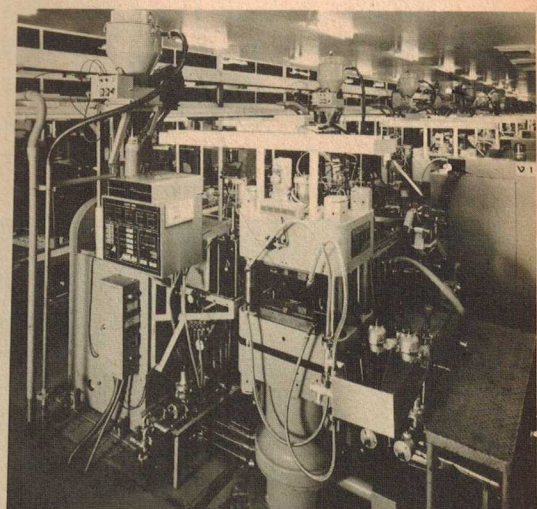



図3-10　原料製造，プレス工程

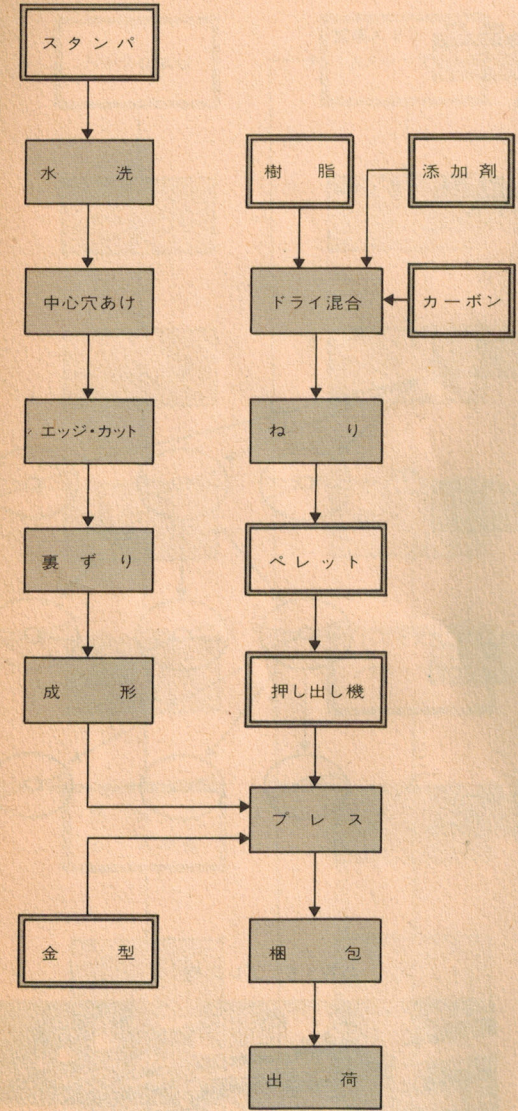



写真3-7　VHDディスクの表面

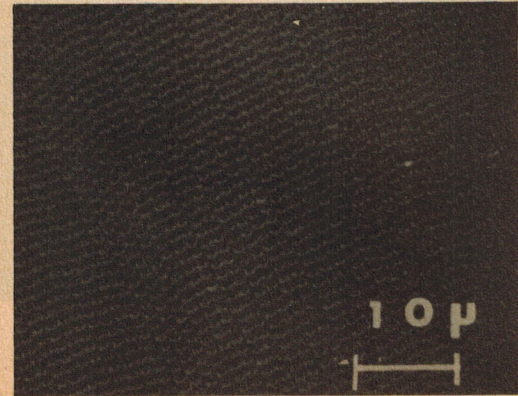
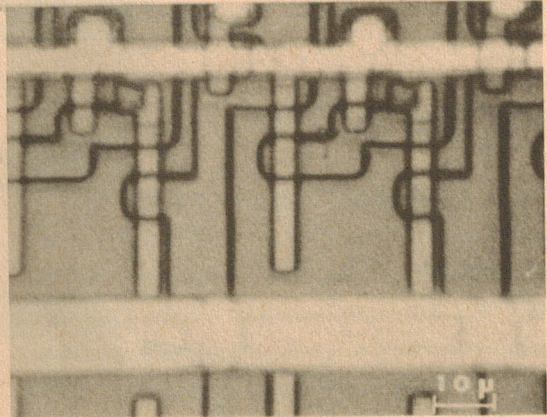
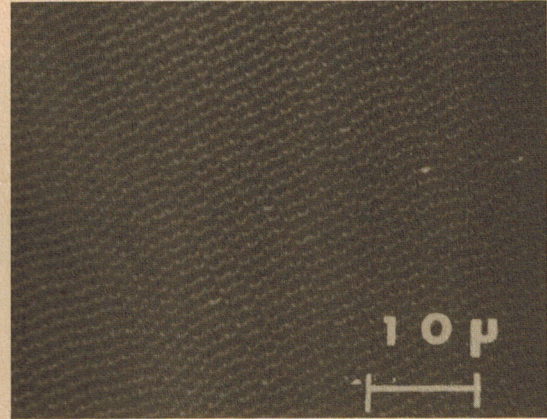
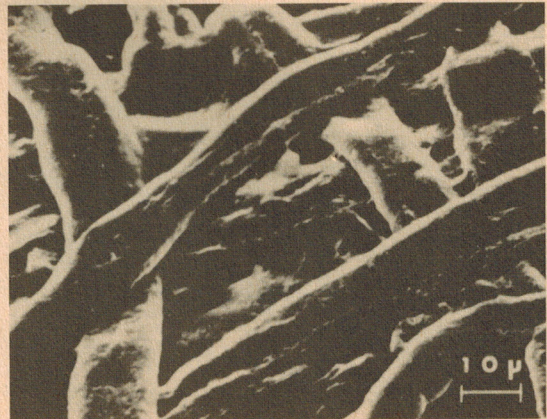
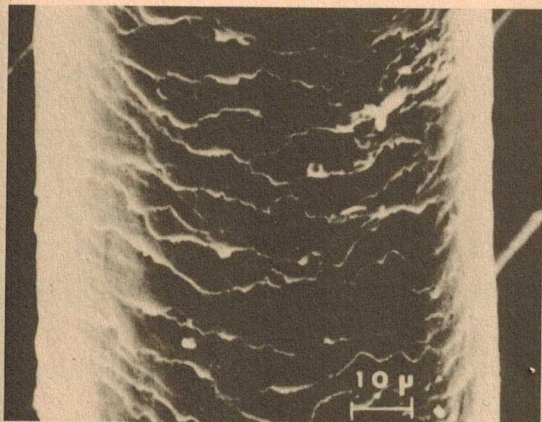
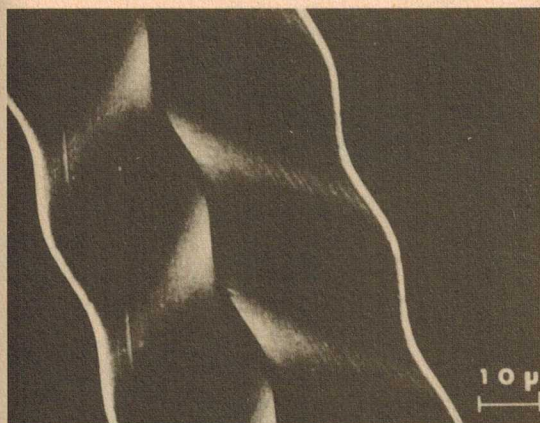



写真3-8　ディスク表面との比較

(a)　LSI

(b)　VHD/AHDディスクの表面

(c)　紙の表面

(d) 人の髪の毛

(e) オーディオ・レコードの溝

人の髪の毛, 紙, LSIを同じ倍率で見たもので, いかにVHD/AHDが高密度であるかがわかります.

3. 信号読み取りから再生までのプロセス

オーディオ・レコードの場合は, 信号をピック・アップするために, 針でレコードの溝をトレースし, 凹凸を機械的な振動にして取り出します.

VHD/AHDでは, 針を使わず, ダイヤモンド・センサの側面に取り付けられた電極によって, 電気的に信号をディスクから取り出します. 電極の厚さはわずか0.2μm程度ですから, 非常に解像度がよく, 半導体レーザーに比較して約3倍になっています. **図3-11**は, ディスク表面とセンサの電極との関係を示します. 電極とディスク間の静電容量は, 孔（ピット）の有無によって変化します. その変化量はわずか10^{-4}pF程度ですが, この部分を含む同軸共振器によって, 電気的に読み取ることができます.

図3-12に, 静電容量ピック・アップの原理を示します. センサに取り付けられた電極は, フライリードによって同軸共振器のレゾネータ（中心導体）に接続されています. したがって, 同軸共振器の共振周波数は, 電極とディスクの間の静電容量の変化によってわずかに変化します. 一例として共振周波数を1 GHzにとると, 10^{-4}pFの変化は150kHz程度です. この共振回路に, UHF発振器から共振周波数f_rより少しずれた周波数f_0の一定信号を供給すると, ピットの有無によって共振周波数f_rが$\pm\Delta f$変化するので, その出力は振幅変調を受けます. この出力を振幅検波することによって, ディスクの凹凸を直接, 電気的に読み取ることができます. このとき, 周波数の低いf_{p1}, f_{p2}のトラッキング信号も, 情報信号と同時にピック・アップできます. センサの底面は数トラックにまたがって幅が広くなっていますが, 信号をピック・アップする電極の幅は1トラックの幅よりも狭く, また電極を支えているダイヤモンドが摩耗しても, その電極の幅は, 大きく変化しないような構造になっていますから, センサの寿命を長くできるだけでなく, ディスクの単位面積当たりの荷重を小さくできるので, ディスクの寿命も長くなっています. **図3-13**は, ディスク表面とセンサ底面の関係を示す図です. また**図3-14**は, 再生した信号の波形の概念図です.

VHD/AHD方式はセンサがディスクに接触しているので, 上下方向などのサーボは不必要ですが, ディスク表面には溝がないので, 正しく1つのトラックをセンサの電極がトレースするためのトラッキング・サーボは必要です.

ディスクから情報信号と共に読み取られたトラッキング信号f_{p1}, f_{p2}が常に等しい大きさになるようにセンサ位置を制御することによって, トラッキング・サーボができます. **図3-15**は信号ピック・アップ部分とトラッキング・サーボ回路のブロック図の一例です.

バンドパス・フィルタf_{p1}で分離されたトラッキ

図3-11　静電容量の変化を読み取り，信号をピックアップするVHDセンサ

図3-12　静電容量ピック・アップの原理

$\pm\Delta f$
f_0
f_r
$\pm\Delta f$

図3-13　ディスクとセンサ底面

ディスクの進行方向
f_{p2} 716kHz　ピット列
f_{p1} 511kHz　ピット列
情報信号ピット列
約2,000Å
センサの底面この部分がディスク上に接触している．
電極

図3-14　再生信号の概念図

(a) 容量の変化

ディスク表面の断面形状に近い.

(b) 周波数の変化

容量が大きいとき周波数は下がる.

(c) 基本周波数

共振カーブのどちらのスロープをとるかによって極性が変わる.

(d) トラッキング信号

フィルタで分離する.

(e) FM信号

映像と音声を含む.

図3-15　信号ピック・アップ部分とトラッキング・サーボ回路

同軸共振器
振幅検波
UHF発振
前置増幅
信号復調回路
トラッキング・ドライブ・コイル
フライ・リード
カンチ・レバー
ディスク
ターンテーブルモータ・ドライブ
モータ
センサの先端
電極
ディスク
断面
センサの先端
電極
ピット
ディスク
511kHz
バンドパス・フィルタf_{p1}
スイッチ
検波
差動増幅
位相補償増幅
バンドパス・フィルタf_{p2}
716kHz
4V
検波
スイッチング信号発生
275kHz
バンドパス・フィルタf_{p3}
検波
トラッキング・サーボ回路

ング信号 f_{p1} と，バンドパス・フィルタ f_{p2} で分離されたトラッキング信号 f_{p2} は，スイッチを通ってそれぞれ検波回路で検波され，差動増幅器に入力されます．

f_{p1}, f_{p2} は，ディスクが1回転するごとに情報信号を中心としたとき，その位置が左右入れ替わりますから，その入れ替わった部分に記録されているインデックス信号 f_{p3} をバンドパス・フィルタ f_{p3} で分離し，検波した後スイッチング信号を作り，スイッチを切り換えます．したがって，このスイッチ回路の出力信号は常に左右が固定されていることになります．差動増幅器の出力は位相補償され，増幅されてトラッキング・ドライブ・コイルに印加されます．トラッキング・ドライブ・コイルによって，センサの位置が電磁的に制御されます．**図3-16**にセンサ位置制御駆動の構造を，また**図3-17**にセンサ・カートリッジの構造を示します．トラッキング・サーボのほかに時間軸誤差の補正が行なえるようになっているので，VHD再生時は再生信号の時間軸誤差（ジッタ成分）を検出して補正がかけられます．

次にVHD信号の復調回路について述べることにします．**図3-18**は復調回路のブロック図の一例です．ピック・アップされた信号は前置増幅器で増幅された後，バンドパス・フィルタによってトラッキングのための信号と分離され，FM信号復調器によって復調されます．この出力からバンドパス・フィルタA，Bによって音声FM信号をそれぞれ分離し，FM信号復調を行なって，音声信号

図3-16　センサ位置制御駆動の構造

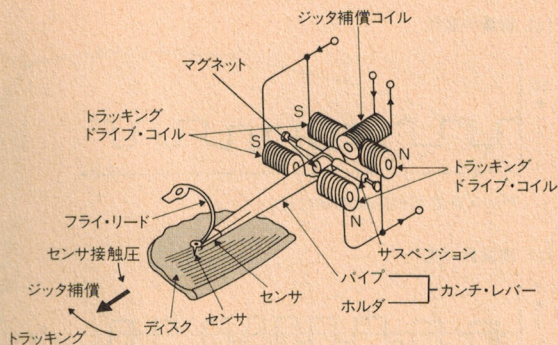



図3-17　センサ・カートリッジの構造

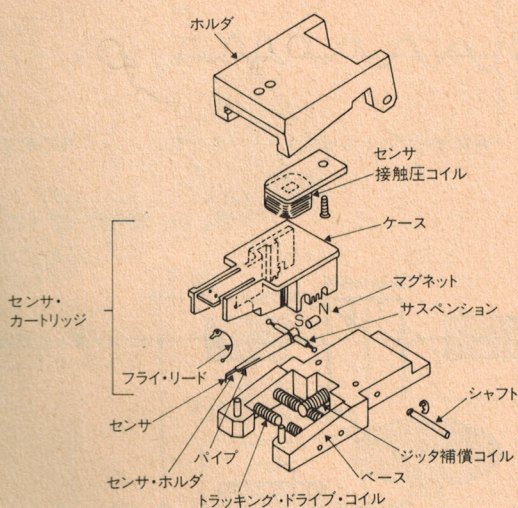



図3-18　VHD信号復調回路ブロック図

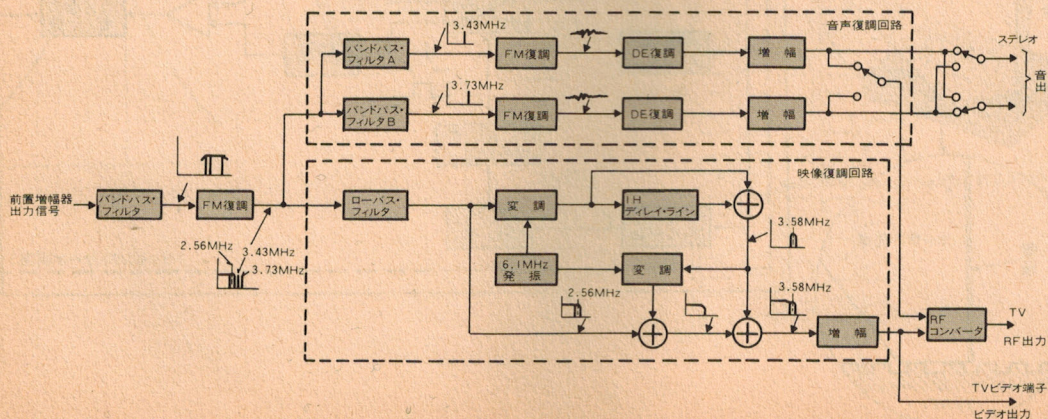



図3-19　DEシステムのブロック図

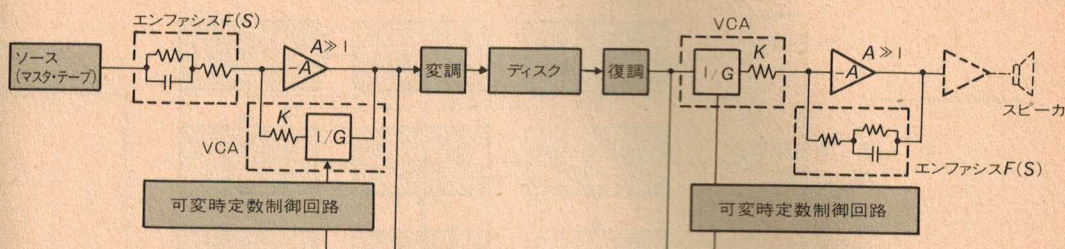
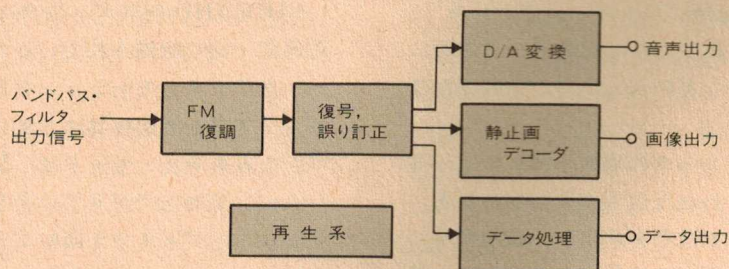



写真3-9　VHDプレイヤーとAHDアダプタ(上)

図3-20　AHD信号の再生回路のブロック図

にします．それぞれの音声信号は，DE復調回路によってもとの信号に戻された後増幅されて，音声信号の出力となります．**図3-19**にDEシステムのブロック図を示します．

ローパス・フィルタによって分離された映像信号は，色信号の搬送波周波数を2.56MHzから3.58MHzに変換し，1Hディレイ・ラインを使用して構成したコーム・フィルタによって映像信号から分離し，色信号を得ます．得た色信号の搬送波周波数をふたたび2.56MHzに変換して原映像

図3-21　静止画デコーダの構成

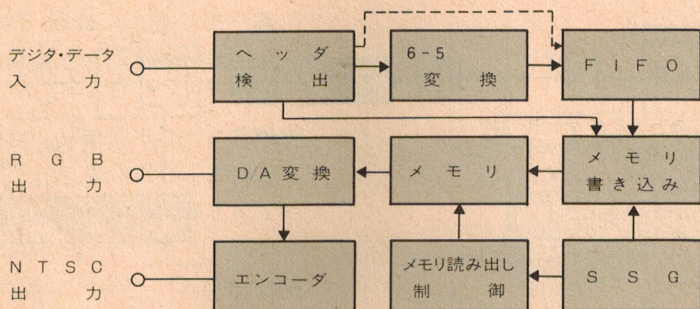
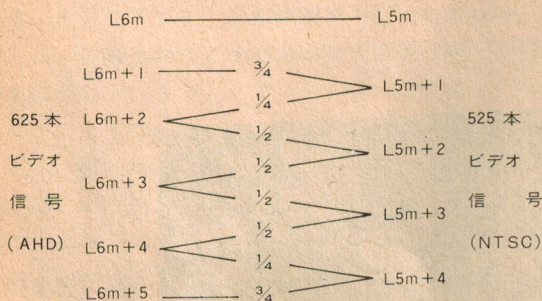



図3-22　走査線数変換アルゴリズム

図3-23　スチル・モード

信号より差し引き，輝度信号を得ます．こうして得た輝度信号と搬送波周波数3.58MHzの色信号を加え合わせ，映像信号を得ます．

AHD信号の再生は，**図3-20**のようになります．VHD信号同様ピックアップされた信号は，同一の前置増幅器で増幅された後，バンドパス・フィルタによってトラッキングのための信号と分離されます，この出力は，FM信号復調器によって復調された後，復号，誤り訂正が行なわれます．音声信号はD/A変換によってアナログ信号に戻され，静止画信号は静止画デコーダに入力されます．アドレス信号と共に復号された記録モード情報によって，音声，映像などの入・出力が制御されます．

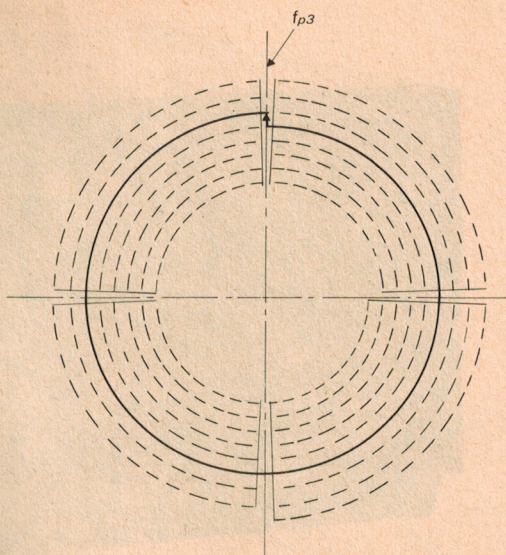
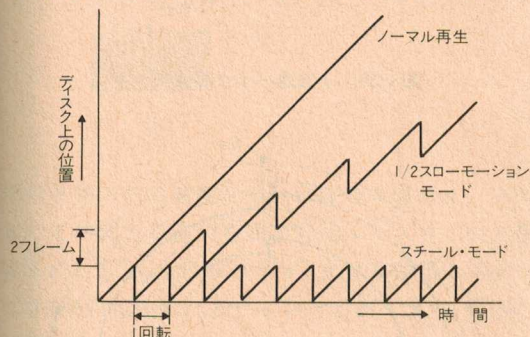
図3-21は静止画デコーダの構成を示します．復号，誤り訂正が行なわれた信号が入力されると，ヘッダ検出部では同期信号を検出し，識別信号，画面アドレス信号を得て画像データをこれらの信号によって指定されるメモリ部に格納します．525本（NTSC方式）のライン数に変換するための6-5変換を行ない，FIFO（First In First Out）回路に一時格納した後，読み出し回路の水平同期信号期間にメモリ回路に書き込みます．**図3-22**に，走査線変換アルゴリズムを示します．メモリ回路からは通常のテレビ信号（水平，垂直繰り返し）周波数に同期させて高速で信号を読み出し，D/A回路でアナログ信号に戻して出力されます．

VHD/AHD方式ディスクには溝がなく，また角速度一定で記録されているので，スチルやスロー，クイック・モーションなどの特殊再生やランダム・アクセスが容易にできます．特殊再生の基本となるスチル・モードは，**図3-23**に示すようなパターンでセンサがトラックをトレースします．すなわち，ディスク1回転ごとに1回，センサを正確に1トラック前のトラックへキック・バックすることによって可能になります．通常の再生時には1回転に1回，インデックス信号f_{p3}を検出したとき，左右のトラッキング信号f_{p1}，f_{p2}が入れ替わるので制御方向を逆にしますが，スチル・モード時はこれを行なわないで，その代わりにセンサを1トラック前に戻します．したがって，トラッ

図3-24　キックバック・パルスとセンサの動き

図3-25　スローモーション・モードとスチル・モード

キング信号 f_{p1}, f_{p2} と制御方向の関係は変化せず，ふたたび同じトラックをトレースすることになります．センサをキックするためにはトラッキング回路の途中から**図3-24**に示すようなキックバック・パルスをトラッキングのドライブ・コイルに加えることによって可能になります．そのときのセンサの動きは（b）のようになります．

スローモーション・モードは，スチル・モードとノーマル再生を一定の割合で繰り返すことによって可能になります．たとえば，スチル，ノーマル，スチルと1回転ごとに交互に繰り返せば，1/2スローモーション・モードであり，同一のトラックで15回転の間スチル・モードを繰り返せば1/16スローモーション・モードです．すなわち，各トラックでスチル・モードを（$n-1$）回繰り返すことによって，1/n スローモーション・モードになります．**図3-25**はこのようすを示します．

クイックモーション・モードはスローモーション・モードとは逆に，センサのトレースするトラ

図3-26　キックフォワード・パルスとセンサの動き

ックを強制的に先に移動させることによって可能になります．したがって，前進のクイックモーション・モード時のキックフォワード・パルスの極性は，**図3-26**に示すように，キックバック・パルスとは逆になります．**図3-27**に2倍速，**図3-28**に5倍速時のセンサの動きを示します．図からわかるように，5倍速時は，1回転に4回ある垂直ブランキング期間に1回ずつ次のトラックへ送ることになります．ディスク1回転の間に（$n-1$）回，センサを強制的に1トラック先へ送ることによって，n 倍速になります．したがって，それぞれの垂直ブランキング期間で2回ずつ，すなわち2トラックずつ先のトラックへセンサを進ませることによって，9倍速が得られます．

後進はスチル・モード時のキック・バックを，1回転に2回行なえば1倍速バック，全部の垂直ブランキング期間で1回ずつ行なえば3倍速バックになります．**図3-29**は1倍速バック，**図3-30**は3倍速バックを示します．（$n+1$）回キック・バックを行なうことによって，n 倍速バックが可能になります．いずれのモードも垂直ブランキング期間にキックが行なわれますので，画面上には影響が出ません．

VHDディスクは片面で54,000ページ（トラック）あって，その1つ1つに異なった静止画を入れることができます．それぞれのトラックにはアドレス番号（ページあるいは時間で分・秒・トラック番号）が入っているので，54,000ページの中から任意の1ページをランダム・アクセスで捜し出すことができます．あるいはVHD/AHDの通

図3-27　2倍速再生モード

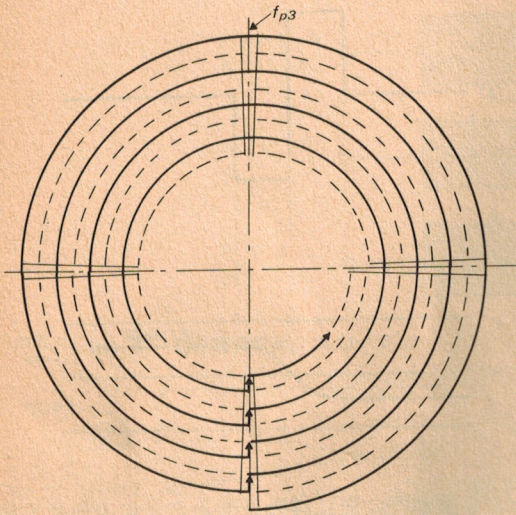



図3-29　1倍速バック再生モード

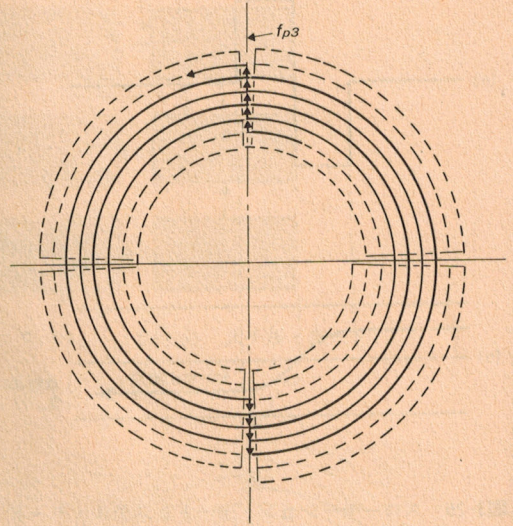



図3-28　5倍速再生モード

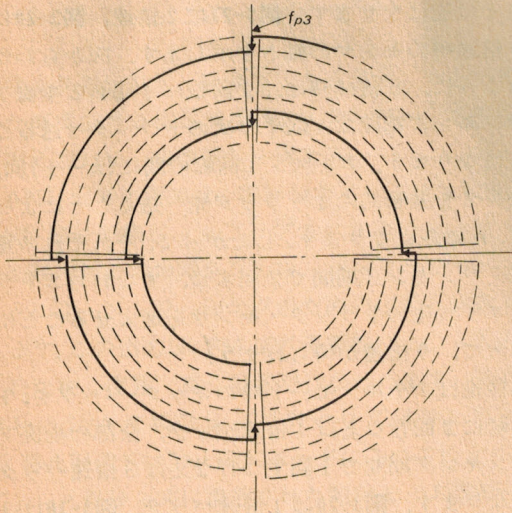
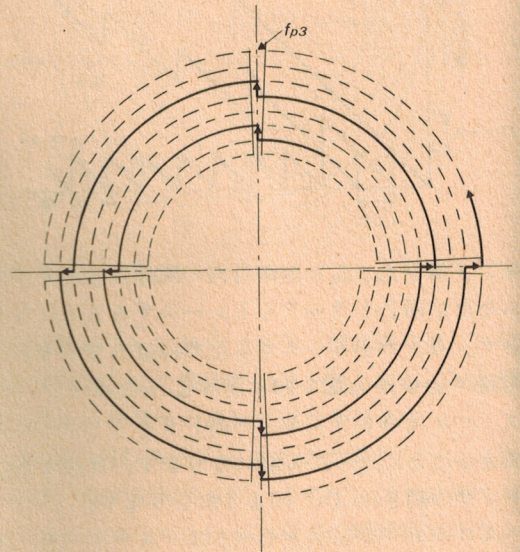



図3-30　3倍速バック再生モード

常のプログラムでもアドレス番号(ページ，時間，チャプタ）が全トラックに入っているので，再生したい場所を速く正確に捜し出して自動的に再生させることもできます．VHD/AHDのすべてのディスクが角速度一定ですので，どれでもクイックなランダム・アクセスができるわけです．

ランダム・アクセスで1ページを自動的に捜し出すための一例を次に述べます．**図3-31**のフローチャートに示すように，キー入力によって指定されたアドレスを，メモリに格納します．ディスクから読み取ったアドレスとメモリ内のアドレスを比較して，差がたとえば5,000ページ以上あるときには，ピックアップ・アームを通常再生時の1,200～1,800倍，ちょうど1時間のプログラム区間を2～3秒で横切る速さで送ります．この速さでディスクを横切っても，2,000～3,000トラックおきぐらいにはアドレス信号が読み取れます．アドレスを完全に読むためには，アドレス信号のクロック周波数が$455 \cdot f_H/12$ですので，$(12 \times 29)/455 \cdot f_H = 48.6 \mu s$の間，センサが同じトラックから

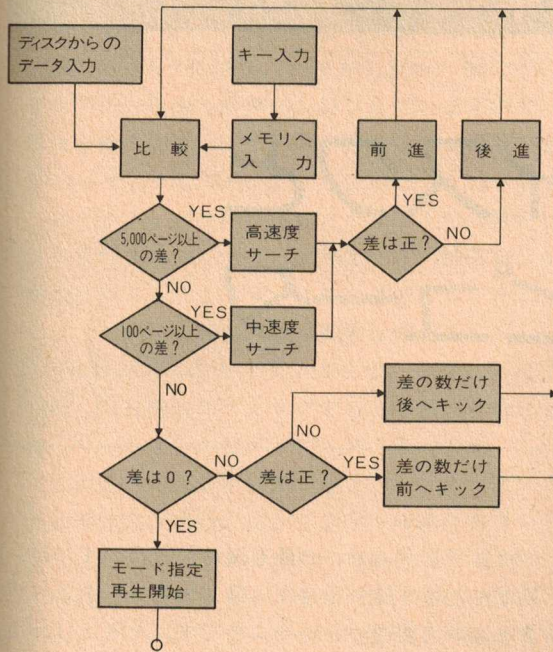
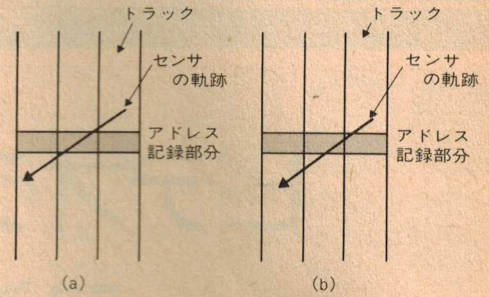
図3-31　ランダム・アクセス時のフローチャート

信号を得られる速度でなければなりません．３秒間で１時間分を横切る速さでは，１トラックを横切るのに55.6μsになります．また３秒間にアドレスを180回読み取れるチャンスがあります．実際にはディスクは完全な真円でなく，振れを持っていますので，トラックを横切る時間に長短が生じま

図3-32　高速サーチ時のセンサの動き

す．**図3-32**にはアドレス信号が読める場合と読めない場合の例が示してあります．

このような条件が集まって，2,000～3,000ページおきにアドレスが読み取れることになります．したがって，これ以上の高速アクセスを要求する場合には，アドレス差に応じて予測で比例する時間，ピック・アップを動かす必要があります．

アドレス差が5,000以下になったら，ピック・アップの速度をノーマル再生時の120倍程度に落とします．この速度は１時間のプログラムを30秒で横切る速度で，この速度でアドレス差が100以下になるまで捜します．アドレス差が100以下になったらスチル・モードにして差分だけキック・パルスを連続で出してセンサを指定のページまで送ります．どの場合もアドレスの差の正負によって，動かす方向を変える必要があります．